



TUGAS AKHIR - RG 091536

**ANALISA KARAKTERISTIK PASANG SURUT ALUR
PELAYARAN SUNGAI MUSI MENGGUNAKAN METODE
*LEAST SQUARE***

**TAUFAN HANANTO NUGROHO
NRP 3511 100 038**

**Dosen Pembimbing
KHOMSIN ST, MT.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

“halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 091536

TIDAL CHARACTERISTICS ANALYSIS OF MUSI RIVER USING LEAST SQUARE METHOD

TAUFAN HANANTO NUGROHO
NRP 3511 100 038

Advisors
KHOMSIN ST, MT.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA KARAKTERISTIK PASANG SURUT ALUR
PELAYARAN SUNGAI MUSI DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *LEAST SQUARE***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TAUFAN HANANTO NUGROHO
NRP. 3511 100 038

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Khomsin ST, MT.

NIP. 1975 0705 2000 12 1001

Surabaya, Januari 2016



ANALISA KARAKTERISTIK PASANG SURUT ALUR PELAYARAN SUNGAI MUSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEAST SQUARE

Nama Mahasiswa : Taufan Hananto Nugroho
NRP : 3511 100 038
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : Khomsin ST, MT.

Abstrak

Sungai Musi merupakan salah satu elemen penting dalam perekonomian di provinsi Sumatera Selatan khususnya di Kota Palembang. Sungai Musi sebagai pusat alur distribusi barang melalui media kapal yang akan masuk maupun keluar Provinsi Sumatera Selatan. Dengan peran yang sangat penting maka studi tentang karakteristik Sungai Musi seperti pasang surut sangat penting untuk kelancaran dalam proses pembangunan untuk meningkatkan keamanan alur pelayaran Sungai Musi. Pada penelitian ini menggunakan data pasang surut selama sepuluh tahun dari lima Stasiun pengamatan. Data tersebut diperoleh dari PT. IPC (Indonesia Port Corporation) Cabang Palembang.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa karakteristik pasang surut dengan menganalisis kenaikan muka air ditinjau dari nilai MSL (Mean Sea Level) yang diolah secara per bulan dengan menggunakan metode least square, menganalisa tipe pasang surut, dan menganalisa perbedaan perbedaan waktu pasang dan surut pada masing-masing stasiun untuk mempertoleh perambatan pasang dan surut di alur pelayaran Sungai Musi.

Adapun rata-rata perbedaan MSL setiap bulan hasil pengolahan menggunakan metode least square antara 0-30 cm. Untuk trend kenaikan muka air hasil pemodelan menggunakan regresi linier sederhana adalah 1,76 cm/tahun untuk Stasiun

Boombaru, 14,62 cm/tahun untuk Sungai Lais, 0,9306 cm/tahun untuk Kampung Upang, 0,268 cm/tahun untuk Tanjung Buyut, dan 0,5186 cm/tahun untuk Selat Jaran. Sedangkan untuk rata-rata perbedaan pasang dari Stasiun Boombaru di daerah hulu dengan Stasiun Tanjung Buyut di daerah hilir adalah sekitar 4,5 jam. Tipe Pasang Surut dari perairan adalah pasang surut tunggal.

Kata Kunci : Kenaikan Muka Air, Least Square, , MSL, Pasang Surut Regresi Linier Sederhana, Sungai Musi, Perambatan Pasang Surut

TIDAL CHARACTERISTICS ANALYSIS OF MUSI RIVER USING LEAST SQUARE METHOD

Name : Taufan Hananto Nugroho
NRP : 3511 100 038
Department : Teknik Geomatika FTSP - ITS
Supervisor : Khomsin ST, MT.

Abstrak

Musi River is one of key elements in South Sumatra Province's economy, especially in the city of Palembang. Musi River is a vital shipping route for distribution of commodities in and out of South Sumatra. With such important role, the study of Musi River's characteristics e.g. tidal dynamic is important for development process in order to improve the safety of Musi River shipping route. This study used observed tidal data that has been observed for 10 years from five different observation stations. Those data were obtained from PT.IPC (Indonesia Port Corporatin) Palembang.

The purpose of this study was to analyze the characteristics of tidal dynamic by analyzing the water level rise from MSL (Mean Sea Level) which is obtained in monthly data compute with least square method, tidal type, and time differences between each of five stations to obtain tide propagation in the Musi River's shipping route.

The average of MSL difference with least square method varies between 0-30 cm on each month. The result of water level rising trend modeling using simple linier regression shows 1,76 cm/year rate for Boombaru Station, 14,62 cm/year rate for Sungai Lais, 0,9306 cm/year rate for Kampung Upang, 0,268 cm/year rate for Tanjung Buyut, and 0,5186 cm/year rate for Selat Jaran. As for average tide between Boombaru Station on the headwaters

area and Tanjung Buyut Station on the downstream area is approximately 4 hours 30 minutes. The tidal type of the waters is diurnal.

Kata Kunci : Least Square, Linear Regretion, Musi River, MSL, Water Level Rise, Tide

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang dengan rahmat, hidayah dan inayah-NYA sehingga penelitian yang dikerjakan penulis dalam Tugas Akhirnya yang berjudul *“ANALISA KARAKTERISTIK PASANG SURUT ALUR PELAYARAN SUNGAI MUSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEAST SQUARE”* dapat terselesaikan. Tidak lupa juga, sholawat serta salam tetap penulis tujukan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Rasa terima kasih yang tulus dan ikhlas juga tidak lupa penulis sampaikan kepada Ayahanda Masroer Rizal dan Ibunda Tri Iswar Munatin. tercinta atas do’a dan bimbingannya selama ini. Secara khusus penulis persembahkan Tugas Akhir ini untuk Beliau berdua dan do’a ananda semoga Beliau berdua selalu dalam lindungan Allah SWT. Rasa terima kasih yang besar juga penulis sampaikan pada berbagai pihak atas bantuan dan dedikasinya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak KHOMSIN ST,MT. selaku Dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya selama penelitian ini untuk membimbing penulis dalam Tugas Akhir ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Kedua Orang tua, Bapak Masroer Rizal dan Tri Iswar M., beserta Saudari Hendhita Rizky A. yang selama ini tulus dan ikhlas mendidik dan memberi dukungan kepada penulis.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika FTSP ITS-Surabaya.
3. Bapak Khomsin ST, MT. selaku pembimbing tugas akhir.
4. Bapak - Ibu Dosen dan Karyawan Teknik Geomatika FTSP-ITS.
5. PT. IPC Cabang Palembang yang telah membantu dalam pemberian data.
6. Bapak Ir. Adam Priohandono dalam memberikan konsultasi dan ide pada penelitian ini.

7. Untuk Andi R., Dhanu, Nico, Ferdi,, Krisna serta angkatan G13 pada umumnya yang telah memberikan dukungan.
8. Pihak-pihak yang membantu penulis dalam pengadaan data dan pengolahan data, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dengan segala keterbatasan yang dimiliki, tentunya Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk pengembangan selanjutnya.

Harapan penulis atas Tugas Akhir ini adalah semoga dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan dapat diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pasang Surut Laut.....	5
2.1.1 Pengertian Pasang Surut Laut	5
2.1.2 Gaya Pembangkit Pasang Surut.....	6
2.1.3 Konstanta Harmonik Pasang Surut.....	9
2.1.4 Tipe Pasang Surut.....	12
2.1.5 Metode Pengamatan Pasang Surut.....	14
2.2 Alat Ukur Pasang Surut	14
2.3 Analisa Harmonik Pasang Surut.....	16
2.4 Datum Vertikal	22
2.5 Sungai	24
2.6 Regresi Linier	28
2.7 Penelitian Sebelumnya	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Lokasi Penelitian	31
3.2 Data dan Peralatan	32
3.2.1 Data	32

3.2.2 Peralatan.....	32
3.3 Metodologi Penelitian.....	32
3.3.1 Tahap Pelaksanaan.....	32
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	37
4.1 Hasil.....	37
4.1.1 Data Pasang Surut.....	37
4.1.2 Interpolasi Data Pasang Surut.....	39
4.1.3. Pengolahan Data Pasang Surut.....	39
4.1.4 Rata-Rata Per Waktu.....	46
4.1.5 Grafik <i>Mean Sea Level</i> dan Trend Linier.....	47
4.2 Analisa.....	52
4.2.1 Analisa Kenaikan Muka Air Sungai.....	52
4.2.2 Analisa Waktu Pasang Surut.....	54
4.2.3 Analisa Variasi Tipe Pasang Surut.....	56
4.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya.....	65
BAB V PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
PROFIL PENULIS.....	71
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi gaya yang dihasilkan oleh bumi, bulan, dan matahari (http://tidesandcurrents.noaa.gov)....	6
Gambar 2.2	Gaya Gravitasi (a), Gaya sentrifugal (b), Resultan Gaya Gravitasi dan Sentrifugal (c) (Abdulmalik 2008)	8
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian (<i>Google Earth</i> 2015).....	31
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 4.1	Grafik tren linier <i>MSL</i> Stasiun Pengamatan Boombaru	48
Gambar 4.2	Grafik tren linier <i>MSL</i> Stasiun Pengamatan Sungai Lais	49
Gambar 4.3	Grafik tren linier <i>MSL</i> Stasiun Pengamatan Kampung Upang.....	50
Gambar 4.4	Grafik tren linier <i>MSL</i> Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut.....	51
Gambar 4.5	Grafik tren linier <i>MSL</i> Stasiun Pengamatan Selat Jaran.....	52
Gambar 4.6	Grafik Rerata Pasang Surut Setiap jam pada Bulan Januari 2005	46



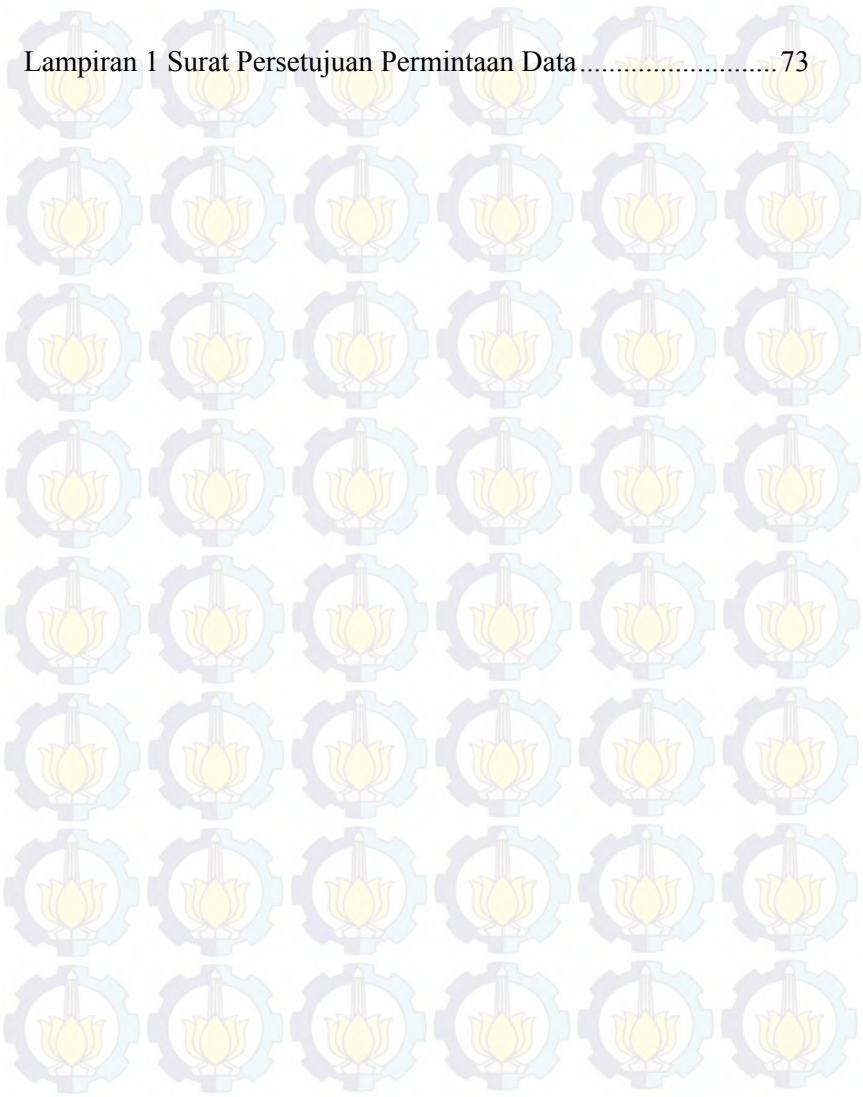
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penjelasan Komponen-komponen Harmonik Dalam Penentuan Konstanta Pasut Laut	10
Tabel 4.1	Tabel Pasang Surut Bulan Desember Tahun 2008 di Stasiun Pengamatan Boombaru.....	38
Tabel 4.2	Komponen Harmonik Pasang Surut	40
Tabel 4.3	Nilai Konstanta, Fase, Amplitudo Komponen Data Pasang Surut Stasiun Pengamatan Boombaru	41
Tabel 4.4	Nilai <i>MSL</i> dalam cm dari Stasiun Pengamatan Boombaru tahun 2005-2012	42
Tabel 4.5	Nilai <i>MSL</i> dalam cm dari Stasiun Pengamatan Sungai Lais tahun 2005-2009	43
Tabel 4.6	Nilai <i>MSL</i> dalam cm dari Stasiun Pengamatan Kampung Upang tahun 2005-2014	44
Tabel 4.7	Nilai <i>MSL</i> dalam cm dari Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut tahun 2005-2014	45
Tabel 4.8	Nilai <i>MSL</i> dalam cm dari Stasiun Pengamatan Selat Jaran tahun 2005-2014	46
Tabel 4.9	Nilai Bilangan <i>Formhzal</i> tahun 2005	57
Tabel 4.10	Tipe Pasang Surut tahun 2005	57
Tabel 4.11	Nilai Bilangan <i>Formhzal</i> tahun 2006	58
Tabel 4.12	Tipe Pasang Surut tahun 2006	59
Tabel 4.13	Nilai Bilangan <i>Formhzal</i> tahun 2007	59
Tabel 4.12	Tipe Pasang Surut tahun 2007	60
Tabel 4.15	Nilai Bilangan <i>Formhzal</i> Tahun 2008	61
Tabel 4.16	Tipe Pasang Surut Tahun 2008	61
Tabel 4.17	Nilai Bilangan <i>Formhzal</i> Tahun 2009	62
Tabel 4.18	Tipe Pasang Surut Tahun 2009	63
Tabel 4.19	Tipe Nilai Bilangan <i>Formhzal</i> rata-rata tahun 2005-2009	64
Tabel 4.20	Tipe Pasang Surut tahun 2005-2009	64



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Persetujuan Permintaan Data..... 73





BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengetahuan mengenai pasang surut secara umum dapat memberikan informasi yang beraneka macam, baik untuk kepentingan ilmiah, maupun untuk pemanfaatan praktis secara luas (Ongkosongo, dan Suyarso, 1989). Pengetahuan mengenai tipe pasang surut yang ada di Indonesia dapat memberikan gambaran umum tentang berapa kali pasang atau surut, satu atau dua kali dalam sehari. Hal ini dapat memberikan gambaran umum yang diperlukan pada suatu lokasi untuk merencanakan aktifitasnya.

Pemilihan alur pelayaran Sungai Musi sebagai lokasi penelitian dilatar belakanginya oleh besarnya peranan Sungai Musi dalam perekonomian Provinsi Sumatera Selatan khususnya Kota Palembang. Berdasarkan data operasional Pelabuhan Palembang tahun 2013, Pelabuhan Palembang menjadi pelabuhan sungai terbesar di wilayah Sumatra dan sekaligus merupakan tumpuan urat nadi pertumbuhan ekonomi Provinsi Sumatra Selatan. Kegiatan bongkar muat didominasi oleh barang curah kering dan petikemas, di samping juga melayani barang dengan jenis kemasan lain. Pertumbuhan arus petikemas meningkat 6,71% dari 114.479 TEUs pada tahun 2012 menjadi 122.155 TEUs pada tahun 2013. Sedangkan realisasi arus barang perdagangan luar negeri pada tahun 2013 sebesar 3.764.962 ton, sedangkan untuk perdagangan dalam negeri sebesar 4.977.781 ton (IPC, 2014). Kondisi tersebut menunjukan bahwa Sungai Musi memegang peranan penting bagi perekonomian serta pembangunan Kota Palembang. Selain besarnya peranan Sungai Musi bagi Kota Palembang, ketersediaan data pasang surut alur pelayaran Sungai Musi

yang dibutuhkan dalam penelitian, yaitu dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2014 tersedia cukup lengkap turut mendukung dipilihnya alur pelayaran Sungai Musi sebagai objek penelitian ini. Data pasang surut tersebut diperoleh dari hasil pengukuran pasang surut yang dilakukan oleh PT Pelabuhan Indonesia Cabang Palembang.

1.2. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana menentukan nilai *MSL* perairan Sungai Musi dengan menggunakan metode *Least Square*.
- b. Menganalisa tipe pasut pada alur pelayaran Sungai Musi.
- c. Bagaimana menganalisa perubahan muka air pada alur pelayaran Sungai Musi dari nilai Muka Laut Rata-rata (*MSL*) setiap bulan ditinjau menurut perubahan Musim.
- d. Menganalisa perbedaan waktu pasang surut dari daerah hilir ke daerah hulu pada alur pelayaran Sungai Musi yang dilihat dari beda fase.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang di ajukan pada penelitian ini adalah:

- a. Data pasang surut di 5 (lima) lokasi stasiun pengamatan pasang surut, yaitu stasiun pengamatan pasang surut Boom Baru, Sungai Lais, Selat Jaran, Upang dan Tanjung Buyut.
- b. Metode pengolahan data pasut yang digunakan adalah metode *Least Square*.
- c. Datum elevasi yang dianalisa adalah *MSL* dengan melihat perbedaan hasil serta melihat kecenderungan kenaikan muka air menggunakan metode regresi linier.
- d. Pengolahan data dalam tugas akhir ini menggunakan periode data pasang surut bulanan.
- e. Tidak ada subsidi daratan.

- f. Untuk melihat kecenderungan (tren) perubahan kenaikan muka air laut menggunakan metode regresi linier

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Penentuan *MSL* stasiun pengamatan di alur pelayaran Sungai Musi dengan menggunakan metode *Least Square*.
- b. Analisis perubahan muka air perbulan yang ditinjau dari nilai Muka Air Rata-rata.
- c. Tipe pasut apa yang terjadi di perairan Sungai Musi.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan nilai komponen harmonik pasang surut sebagai penentuan datum elevasi
- b. Menghasilkan informasi tentang tipe pasang surut dari Sungai Musi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai data dasar dalam perencanaan dan pengelolaan pembangunan di wilayah Sungai Musi.
- c. Dengan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih dalam menentukan bagaimana kondisi perubahan kenaikan muka air laut di beberapa lokasi perairan Indonesia dan diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat maupun pemerintah lokal untuk dijadikan informasi dalam melaksanakan kebijakan-kebijakan terkait pengembangan kawasan perairan di Indonesia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasang Surut Laut

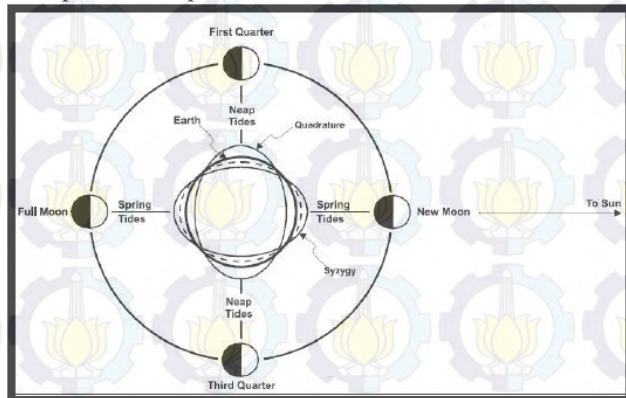
Dalam survey hidrografi, salah satu bagian yang fundamental adalah pengamatan pasang surut air laut. Penjelasan tentang pengertian pasut, gaya pembangkit pasut, konstanta harmonik pasut, tipe serta metode pengamatan pasut akan ini akan dijabarkan pada pembahasan berikut ini.

2.1.1 Pengertian Pasang Surut Laut

IHO (*International Hydrography Organization*) mendefinisikan pasang surut sebagai periode pasang dan surut dari laut, teluk, dan lain-lain. Merupakan prinsip dari daya tarik gravitasi dari bulan dan matahari terhadap rotasi bumi. (IHO, 2006). Sedangkan pasang surut adalah fenomena naik turunnya permukaan air laut yang utamanya disebabkan oleh gravitasi bulan dan matahari (Poerbandono, 1999). Dari kedua teori yang diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pasang surut merupakan gerakan naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara periodik yang utamanya diakibatkan oleh gravitasi benda-benda langit tidak hanya menyebabkan pasut laut tetapi juga mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk bumi dan atmosfer. Pasang surut laut dipermukaan bumi dengan ketinggian air maksimum terjadi pada saat titik-titik pusat bumi, bulan, dan matahari berada dalam satu garis lurus, pasang surut ini dinamakan pasang purnama atau *spring tides*. Sedangkan pasang surut laut dengan ketinggian air minimum terjadi pada saat garis hubung titik-titik pusat bumi dan matahari tegak lurus dengan garis hubung titik-titik

pusat bumi dan bulan, pasang surut ini dinamakan pasang surut perbani atau *neap tides* (Djunarsjah dan Poerbandono, 2005).

Fenomena pasang surut purnama dan perbani dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 : Ilustrasi gaya yang dihasilkan oleh bumi, bulan, dan matahari

(Sumber: [http://tidesandcurrents.noaa.gov/publication/tidal datums and their application.pdf](http://tidesandcurrents.noaa.gov/publication/tidal_datums_and_their_application.pdf))

2.1.2 Gaya Pembangkit Pasang Surut

Dalam fenomena pasang surut, adapun beberapa hal yang memberikan pengaruh dalam pembentukan pasang surut. Gerakan dari bulan dan matahari mempengaruhi proses pembentukan pasang surut air laut mempunyai peranan penting (Ongkosong, 1989).

Adapun Gerakan-gerakan tersebut diantaranya adalah:

- a. Revolusi bumi terhadap matahari, di mana orbitnya berbentuk elips dan periode yang diperlukan untuk menyelesaikan revolusinya adalah 365,25 hari.

- b. Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dan waktu yang diperlukannya dalam berputar adalah 24 jam.
- c. Revolusi bulan terhadap bumi, di mana orbitnya berbentuk elips dan memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.

Adanya atraksi antara bulan dan matahari terhadap bumi mempunyai peran yang signifikan terhadap terjadinya proses pasang surut, sesuai dengan pernyataan dari Newton yaitu suatu massa bola yang sangat kecil (M_1) berjarak r (dari pusat ke pusat) dari massa bola kecil lainnya (M_2) terjadi tarik-menarik dengan gaya sebesar:

$$F = k \frac{M_1 \times M_2}{r^2} \quad (2.1)$$

Rumus diatas merupakan atraksi antara bulan dan matahari dengan F merupakan gaya tarik-menarik antara dua buah benda dengan satuan Newton (N), M_1 merupakan massa benda 1 (Kg), M_2 merupakan massa benda 2 (Kg), r = jarak antara pusat benda 1 dan 2 (m), k = konstanta gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$).

Dengan adanya perputaran (rotasi bumi) maka pada setiap titik di bumi bekerja gaya sentrifugal (F_c) yang sama besar dan arahnya. Arah gaya tersebut berlawanan dengan posisi bulan. Selain itu karena pengaruh gravitasi bulan, setiap titik di bumi mengalami gaya tarik (F_g) dengan arah menuju pusat massa bulan, sedang besar gaya tergantung pada jarak antara titik yang ditinjau dan pusat masa bulan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.2 berikut.

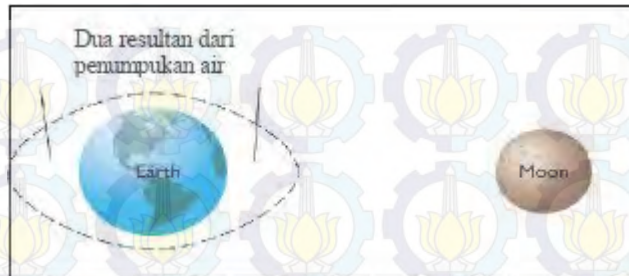
Dengan adanya perputaran (rotasi bumi) maka pada setiap titik di bumi bekerja gaya sentrifugal (F_c) yang sama besar dan arahnya. Arah gaya tersebut berlawanan dengan posisi bulan. Selain itu karena pengaruh gravitasi bulan, setiap titik di bumi mengalami gaya tarik (F_g) dengan arah menuju pusat massa bulan, sedang besar gaya tergantung pada jarak antara titik yang ditinjau dan pusat masa bulan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.2 berikut.



(a) Gaya Gravitasi



(b) Gaya Sentrifugal



(c) Resultan gaya gravitasi dan gaya sentrifugal

Gambar 2. 2 Gaya Gravitasi (a), Gaya Sentrifugal (b), dan Resultan Gaya Gravitasi dan Sentrifugal (c)

(Abdul Malik, 2005 dalam Rachmayanti, 2009)

2.1.3 Konstanta Harmonik Pasang Surut

Komponen-komponen gaya pembangkit pasut dikembangkan oleh Doodson menggunakan teori potensial dan kaidah segitiga bola pada bidang permukaan bumi dan pengaruh matahari serta benda-benda langit lainnya sehingga diperoleh komponen-komponen harmonik yang membentuk pola pasut (Poerbandono, 1999).

Komponen harmonik tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa bagian berdasarkan karakteristik tertentu, yaitu *semi-diurnal*, *diurnal*, dan periode panjang.

Pasang surut yang dihasilkan oleh matahari-bumi tidak sebesar pasang surut bulan-bumi hal ini disebabkan karena jarak matahari terhadap bumi lebih jauh daripada jarak bulan terhadap bumi, walaupun massa matahari lebih besar daripada bulan. Maka gaya pembangkit pasang surut dari matahari hanya separuh (50%) dari gaya pembangkit pasang surut dari bulan.

Oleh karena posisi bulan dan matahari terhadap bumi berubah-ubah maka resultan gaya pasang surut yang dihasilkan dari gaya tarik kedua benda angkasa tersebut tidak sederhana yang diperkirakan. Konstanta harmonik pasang surut untuk tiap-tiap pengamatan berbeda-beda, akan tetapi secara garis besar konstanta ini dapat dibagi dalam empat kelompok utama (Poerbandono,1999), yaitu :

- a. Konstanta harmonik periode panjang (*long period tide*).
- b. Konstanta harmonik periode setengah harian (*semidiurnal period tide*).
- c. Konstanta harmonik periode harian (*diurnal period tide*).
- d. Konstanta harmonik perairan dangkal (*shallow water tide*).

Tabel 2.1 Penjelasan komponen-komponen harmonik dalam penentuan konstanta pasut laut (Smith, 1999 dalam Djunarsjah, 2005)

Kategori	Komponen Harmonik	Fenomena
Semi Diurnal	M2	Gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	S2	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi

Diurnal	N2	Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan elip
	K2	perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan elip
	La2	perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan elip pada komponen M2,K2
	T2	Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan elip pada komponen S2
	K1	Deklinasi sistem bulan dan matahari
	O1	Deklinasi bulan
	P1	Deklinasi Matahari
	Q1	Perubahan jarak Bulan ke Matahari pada komponen O1
	M4	dua kali kecepatan sudut M2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal
	MS4	Interaksi M2 dan S2 di perairan dangkal
Periode Panjang	Ssa	Deklinasi Matahari
	Sa	perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan elip
	M3	deklinasi bulan di perairan dangkal
	M6	Perubahan jarak Bulan ke Bumi akibat lintasan elips di perairan dangkal
	S4	Dua kali kecepatan sudut S2 akibat pengaruh matahari

2.1.4 Tipe Pasang Surut

Fenomena pasang surut pada setiap daerah mempunyai tipe yang berbeda. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan letak geografisnya. Selain itu, pasang surut juga dipengaruhi oleh frekuensi air pasang dengan surut setiap harinya dimana adanya perbedaan respon setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut. Pada umumnya sifat pasut di suatu perairan ditentukan dengan menentukan perbandingan antara amplitudo (tinggi gelombang) unsur-unsur pasang surut tunggal utama dengan unsur-unsur pasang surut ganda utama menggunakan bilangan *Formzahl* yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (Ongkosongo, dan Suyarso, 1989).

$$F = (O1 + K1) / (M2 + S2) \quad (2.2)$$

dimana, F = bilangan *formzahl*

$O1$ = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

$K1$ = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gayatarik matahari.

$S2$ = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Berdasarkan harga F ini, dapat diklasifikasikan tipe pasang surut yang terjadi di suatu perairan.

1. $0 < F \leq 0,25$: Pasang Ganda Murni

Dua kali pasang dalam satu hari dengan tinggi yang sama (secara pendekatan). Interval waktu antara transit bulan dan

pasang naik pada suatu tempat, hampir sama. *Range* rata-rata pada pasang purnama adalah $2(M_2 + S_2)$.

2. $0,25 < F \leq 1,5$: Pasang Campuran Ganda

Terdapat dua kali pasang dalam satu hari tetapi tinggi dan interval waktu transit bulan dan pasang naik tidak sama. Perbedaan ini mencapai maksimum bila deklinasi bulan telah mencapai maksimumnya. *Range* rata-rata pada pasang purnama adalah $2(M_2 + S_2)$.

3. $1,5 < F \leq 3$: Pasang Campuran Tunggal

Kadang-kadang hanya satu kali pasang dalam waktu satu hari yang mengikuti deklinasi maksimum dari bulan. Dan kadang-kadang terjadi dua kali dalam satu hari tetapi tinggi dan interval waktu antara transit bulan dan pasang naik sangat berbeda sekali, apabila bulan telah melewati equator. *Range* rata-rata pada pasang purnama adalah $2(OI + KI)$.

4. $F > 3$: Pasang Tunggal Murni

Satu kali pasang dalam satu hari. Pada saat pasang perbani ketika bulan telah melewati bidang equator dapat juga terjadi dua kali pasang dalam satu hari. *Range* rata-rata pada pasang purnama adalah $2(OI + KI)$.

2.1.5 Metode Pengamatan Pasang Surut

Metode pengamatan pasang surut secara umum dibedakan menjadi dua (Rohman Djaja, 1989 dalam Rachmayanti, 2009) :

a. Metode Pengamatan Langsung

Pengamatan dilaksanakan dengan membaca skala pada rambu pasang surut yang terkena atau berimpit dengan permukaan air laut pada setiap jangka waktu tertentu. Untuk pengamatan jangka pendek, cara ini banyak dipakai, sebab sangat murah pembiayaannya.

b. Metode Pengamatan Tidak Langsung

Pengamatan dilaksanakan dengan memasang alat *Automatic Tide Gauge* pada tempat-tempat yang dipilih dan dikenal dengan nama stasiun pasang surut. Cara ini untuk pengamatan jangka panjang. Hasil pengamatan yang diperoleh tidak merupakan besaran-besaran yang langsung menunjukkan kedudukan permukaan air laut. Dilakukan perubahan dari grafik yang diperoleh ke dalam suatu harga yang didasarkan dari pembacaan rambu pasang surut yang dipasang sebagai skala pembanding (standar).

2.2 Alat ukur pasang surut

Dalam pengukuran pasang surut adapun beberapa alat yang dipakai untuk mengukur tinggi pasut. Alat ukur pasut yang sering digunakan terdiri dari dua macam, yaitu rambu pasut dan *Automatic Tide Gauge*.

2.2.1 Rambu Pasut

Pada pengamatan pasang surut, alat yang digunakan dengan jenis paling sederhana dari *tide gauge* adalah *palm staff* atau *board* dengan nama umum rambu pasut. Rambu pasut memiliki ketebalan antara 2 sampai dengan 4 cm dan lebar 7 sampai dengan 11 cm, dengan pembagian skala yang umumnya dalam sistem meter. Skala nol rambu harus terletak di bawah permukaan air laut.

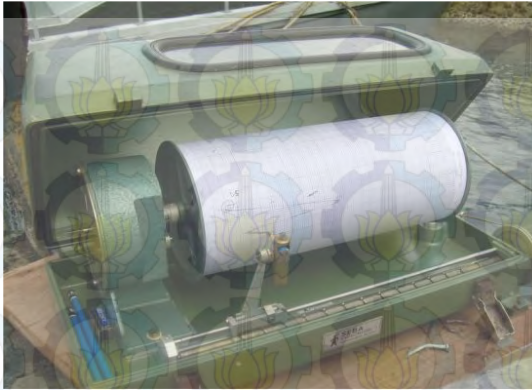
Dalam pemasangan rambu pasang surut, saat air rendah terendah dan bacaan skala masih dapat

dibaca pada saat terjadi air tinggi tertinggi. Rambu pasut dipasang dengan cara disekrup atau ditempelkan dalam posisi vertikal pada tiang atau penyangga yang cocok. Lokasi rambu harus berada pada tempat yang aman dan mudah terlihat dengan jelas, tidak bergerak-gerak akibat gelombang atau arus laut. Tempat tersebut tidak pernah kering pada saat kedudukan air yang paling surut. Oleh karena itu panjang rambu pasut yang dipakai sangat tergantung sekali pada kondisi pasut air laut di tempat tersebut. Bila seluruh rambu pasut dapat terendam air, maka air laut tidak dapat dipastikan kedudukannya (Ongkosongo, dan Suyarso, 1989).

2.2.2 Automatic Tide Gauge

Jenis *automatic tide gauge* dibagi menjadi tiga, yaitu: [1] *Floating tide gauge*; [2] *Pressure tide gauge*; [3] *Automatic radio tide gauge*. Dari ketiga jenis *automatic tide gauge* tersebut, yang paling sering digunakan adalah jenis *floating tide gauge* (Rochman Djaja, 1989 dalam Rachmayanti, 2009).

Salah satu contoh dari jenis *floating tide gauge* adalah OTT AWLR (*Automatic Water Level Recorder*).



Gambar 2.3 : Floating Tide Gauge Tipe OTTAWLR
(icsm.gov.au, 2014)

2.3 Analisa Harmonik Pasang Surut

Analisis harmonik pasut bertujuan untuk menghitung amplitudo hasil respon dari kondisi laut setempat terhadap pasut setimbang dan beda fase dari gelombang tiap komponen di tempat itu terhadap keadaan pasut setimbangnya. Dasar hipotesa yang digunakan dalam analisis harmonik adalah hukum yang dikemukakan oleh *Laplace* yakni bahwa gelombang komponen pasut setimbang selama penjalarannya akan mendapat respon dari laut yang dilewatinya, sehingga amplitudonya akan mengalami perubahan dan fasenya mengalami keterlambatan, namun frekuensi (kecepatan sudut) masing-masing komponen senantiasa tetap.

Jadi variasi tinggi muka laut di suatu tempat, dapat dinyatakan sebagai superposisi dari berbagai gelombang komponen harmonik pasang surut. Dengan demikian tinggi muka air pada suatu saat t .

Pasang surut di suatu tempat, terutama pada perairan dangkal, tidak hanya dipengaruhi oleh faktor astronomi dan meteorologi, tetapi juga dipengaruhi oleh berkurangnya

kedalaman perairan atau disebut dengan pasang perairan dangkal (*shallow water tides*). Secara matematis, elevasi pasang surut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \eta_{ast} + \eta_{met} + \eta_{shall} \quad (2.3)$$

Dimana η merupakan elevasi pasang surut, η_{ast} merupakan elevasi pasang surut yang muncul karena faktor astronomi, η_{met} merupakan elevasi yang muncul karena faktor angin dan tekanan udara, dan η_{shall} merupakan elevasi pasang surut yang muncul karena adanya gesekan pada dasar perairan dan lautan.

Elevasi pasang merupakan penjumlahan dari komponen yang membentuk dan dapat dinyatakan dalam ungkai cosinus (Ali, Mihardja, dan Hadi, 1994) , seperti berikut ini:

$$\eta(t) = S_0 + sso + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad (2.4)$$

Dimana $\eta(t)$ merupakan fungsi waktu dari elevasi pasang surut, S_0 merupakan rata-rata permukaan laut, perubahan kedudukan tengah musiman yang disebabkan oleh efek muson atau angin (faktor meteorologi), C_r merupakan amplitudo komponen ke- r , t merupakan waktu, ω_r merupakan kecepatan yang diperoleh dari hasil 2π dibagi dengan T_r , dimana T_r merupakan periode komponen ke- r .

2.3.1 Analisa Harmonik Metode *Admiralty*

Metode *admiralty* yang dicetuskan oleh A. T. Doodson pada tahun 1928 merupakan metode yang praktis untuk melakukan analisa pasang surut dari pengamatan 15 dan 29 hari. Metode *admiralty* digunakan untuk menghitung amplitudo dan fase komponen-komponen harmonik dari data pasang surut yang ada. Karena komponen pasang merupakan gelombang harmonik, maka tinggi muka air yang dihasilkan oleh sebanyak k komponen harmonik (Ongkosongo, dan Suyarso, 1989).

2.3.2 Analisa Harmonik Metode *Least Square*

Pasang surut terjadi dari efek gaya pembangkit bergejala periodik dan dapat dinyatakan sebagai jumlah linier gelombang-gelombang stasioner dan bergerak. Setiap gelombang harus mewakili setiap atraksi periodik dan dinamakan komponen pasut. Keragaman dari tinggi muka air laut di suatu tempat dapat dinyatakan sebagai superposisi dari berbagai komponen harmonik pasut. Dengan mengabaikan faktor metereologi pada persamaan (2.4), maka akan didapatkan sebuah persamaan seperti berikut ..

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \text{Cos}(\omega_r \cdot t - P_r) \quad (2.5)$$

atau persamaan

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \text{Cos}(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^k B_r \cdot \text{Sin}(\omega_r \cdot t) \quad (2.6)$$

Dimana S_0 merupakan rata-rata permukaan laut, k merupakan jumlah komponen pasang surut, t merupakan waktu pengamatan tiap jam ($t=1,2,3,4,\dots,m$), P_r merupakan fase, B_r merupakan konstanta harmonik.

Nilai $\eta'(t)$ dari hasil persamaan (2.6) akan mendekati elevasi pengamatan pasang surut $\eta(t)$ apabila:

$$J = \sum_{t=1}^m (\eta(t) - \eta'(t))^2 = \text{minimum} \quad (2.7)$$

dimana J adalah jumlah kuadrat error. Dan J akan bernilai minimum jika memenuhi persyaratn berikut

$$\frac{\partial J}{\partial A_s} = \frac{\partial J}{\partial B_s} = 0 \quad (2.8)$$

dengan $s = 1, 2, 3, 4 \dots k$

dari persamaan (2.8) di atas, maka dapat dijabarkan dan diperoleh persamaan sebagai berikut

$$\sum_{t=1}^m \{ \eta(t) - (\sum_{r=1}^{k-1} A_r \cdot + \sum_{r=1}^{k-1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t)) \} \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) = 0 \quad (2.9)$$

$$\sum_{t=1}^m \{ \eta(t) - (\sum_{r=1}^{k-1} A_r \cdot + \sum_{r=1}^{k-1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t)) \} \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) = 0 \quad (2.10)$$

Sampai

$$\sum_{t=1}^m \{ \eta(t) - (\sum_{r=1}^{k-1} A_r \cdot + \sum_{r=1}^{k-1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t)) \} \cdot \cos(\omega_{k+1} \cdot t) = 0 \quad (2.11)$$

$$\sum_{t=1}^m \{ \eta(t) - (\sum_{r=1}^{k-1} A_r \cdot + \sum_{r=1}^{k-1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t)) \} \cdot \sin(\omega_{k+1} \cdot t) = 0 \quad (2.12)$$

untuk mempermudah perhitungan persamaan (2.9) hingga (2.12), dapat digunakan pengoperasian perkalian model matriks. Dengan menggunakan sistem persamaan sebagai berikut:

$$[Y] = [A] [X] \quad (2.13)$$

Sehingga didapat komponen matriks sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
& \left| \begin{array}{c} \sum_{t=1}^m \eta(t) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \\ \sum_{t=1}^m \eta(t) \cdot \cos(\omega_{k+1} \cdot t) \\ \sum_{t=1}^m \eta(t) \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \\ \sum_{t=1}^m \eta(t) \cdot \sin(\omega_{k+1} \cdot t) \end{array} \right| \\
&= \begin{bmatrix} CC_{1,1} & \dots & CC_{k+1,1} & SC_{1,1} & \dots & SC_{k,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CC_{1,k+1} & \dots & CC_{k+1,k+1} & SC_{1,k+1} & \dots & SC_{k,k+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CS_{1,k} & \dots & CS_{k+1,k} & SS_{1,k} & \dots & SS_{k,k} \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_{k+1} \\ B_1 \\ \vdots \\ B_k \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Dimana nilai matriks diatas adalah sebagai berikut

$$cc_{i,j} = \left(\sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} \cos(\omega_i t_n) \cos(\omega_j t_n) \right), j \leq k+1$$

$$sc_{i,j} = \left(\sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} \sin(\omega_i t_n) \cos(\omega_j t_n) \right), j \leq k+1$$

$$cs_{i,j} = \left(\sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} \cos(\omega_i t_n) \sin(\omega_j t_n) \right), j \leq k+1$$

$$ss_{i,j} = \left(\sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} \sin(\omega_i t_n) \sin(\omega_j t_n) \right), j \leq k+1$$

Dengan $j = 1, 2, 3, 4, \dots, k+1$

Setelah dihitung invers matriks A, maka matriks X bisa diperoleh hasilnya dengan operasi matriks sebagai berikut

$$[X] = [A]^{-1} [Y]$$

Yang kemudian dari matriks X tersebut dapat ditentukan komponen-komponen pasang surut sebagai berikut:

a. Permukaan Laut Rata-rata (*Mean Sea Level*)

$$S_0 = A_{k+1} \quad (2.14)$$

b. Amplitudo tiap komponen pasang surut

$$Cr = \sqrt{(A)^2 + (Br)^2} \quad (2.15)$$

c. Fase tiap komponen pasang surut

$$Pr = \left(\frac{Br}{A} \right) \quad (2.16)$$

2.4 Datum Vertikal

Di dalam bidang geodesi, ketinggian titik-titik di atas permukaan bumi pada umumnya dinyatakan terhadap permukaan air laut tertentu. Akan tetapi, permukaan air laut itu sendiri mempunyai kedudukan yang senantiasa berubah-ubah karena pengaruh pasang surut. Sistem tinggi yang sama (homogen) untuk suatu wilayah berdasarkan referensi kedudukan permukaan air laut tertentu, sangat diperlukan dalam berbagai kegiatan pembangunan. Guna penentuan kedudukan permukaan air laut sebagai referensi tinggi, dilakukan pengamatan kedudukan permukaan air laut dalam selang waktu tertentu, misalnya harian, bulanan, atau tahunan. Berdasarkan hal tersebut, dapat diperoleh kedudukan permukaan air laut referensi (Djaja, 1987)

- a. *Mean Sea Level* (Muka air laut rerata), adalah bidang referensi vertikal yang diperoleh sebagai rata-rata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata pada selang waktu tertentu. Penentuan selang waktu pengamatan tersebut harus didasari pada fenomena periodisasi gerakan benda langit yang menyebabkan terjadinya pasut. Datum ini sering digunakan sebagai acuan standar bagi elevasi bangunan di darat.
- b. *Chart datum*, adalah bidang referensi vertikal yang dipilih berada di bawah *low water spring*. Bidang referensi ini khusus digunakan untuk pembuatan peta navigasi laut, dengan alasan keselamatan pelayaran.
- c. *High Water Level* (Muka air tinggi), yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- d. *Low Water Level* (Muka air rendah), yaitu kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.

- e. *Mean High Water Level* (Muka air tinggi rerata), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode tertentu.
- f. *Mean Low Water Level* (Muka air rendah rerata), adalah rerata dari muka air rendah selama periode tertentu.
- g. *Highest High Water Level* (Muka air tinggi tertinggi), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- h. *Lowest Low Water Level* (Muka air rendah terendah), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- i. *Mean Low Water Spring* (Air rendah rata-rata purnama), adalah tinggi rata-rata yang diperoleh dari dua air rendah berturut-turut selama periode pasang purnama.
- j. *Mean Low Water Neaps* (Air rendah rata-rata perbani), adalah tinggi rata-rata yang diperoleh dari dua air rendah berturut-turut selama periode pasang perbani.
- k. *Mean High Water Spring* (Air tinggi rata-rata purnama), adalah tinggi rata-rata yang diperoleh dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang purnama.
- l. *Mean High Water Neaps* (Air tinggi rata-rata perbani), adalah tinggi rata-rata yang diperoleh dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang perbani.
- m. *Highest Astronomical Tide* (Pasut Astronomi Tertinggi), adalah permukaan laut tertinggi yang dapat diramalkan terjadi di bawah pengaruh keadaan meteorologist rata-rata dan kombinasi keadaan astronomi.
- n. *Lowest Astronomical Tide* (Pasut Astronomi Terendah), adalah permukaan air laut terendah yang dapat diramalkan terjadi di bawah pengaruh keadaan meteorologist rata-rata dan kombinasi keadaan astronomi.

2.5 Sungai

Sungai merupakan air larian alami yang terbentuk akibat siklus hidrologi. Sungai mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Ketersediaan air, lembah, aliran sungai menarik manusia untuk bermukim di sekitar sungai. Salah satu fungsi sungai adalah alur sungai yang dapat digunakan sebagai sarana transportasi (HR.Mulyanto, 2006 dalam Samuel 2012).

2.5.1 Jenis sungai

Pada bagian sungai , pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu bagian yang dipengaruhi pasang surut dan tidak dipengaruhi pasang surut. Bagian yang dipengaruhi pasang surut adalah hilir sungai dan bagian yang tidak dipengaruhi adalah hulu sungai. Dilihat dari pasang surut dibagi menjadi dua yaitu sungai non pasang surut dan sungai pasang surut. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut :

a. Sungai non pasang surut.

Sungai non pasang surut merupakan sungai yang ketinggiannya tidak dipengaruhi oleh gaya pasang surut. Sungai ini biasanya terletak pada daerah hulu dimana topografi wilayah tersebut terdiri dari lereng-lereng pegunungan yang curam dengan kondisi batuan yang keras. Pasang sungai non pasang surut ketinggian air dipengaruhi oleh besar debit air yang mengalir pada sungai tersebut.

b. Sungai pasang surut.

Sungai pasang surut selalu terjadi perubahan periodik ketinggian muka air dari sungai di bagian hilir, karena pengaruh dari pasang surut. Air yang berasal dari laut akan memasuki laut saat pasang naik atau yang disebut *flood tide I* dan yang mengalir kembali ke laut adalah *ebb tide*. Bagian dari sungai

pasang surut ini mempunyai debit air yang berubah-ubah sesuai dengan Musim yang berlaku. Selain itu, faktor lain yang berpengaruh pada pasang surut adalah interaksi gaya gravitasi bumi, matahari dan bulan.

2.5.2 Penampang Sungai

Terdapat dua bentuk penampang pada sungai yaitu penampang melintang dan penampang memanjang. Penampang melintang suatu sungai terdiri dari :

- a. Dasar sungai yang dangkal apabila airnya surut akan diisi oleh endapan tanggul alam pada kedua sisinya.
- b. Bantaran banjir atau *flood plain* menampung luapan banjir yang akan tergenang saat sungai meluap.

Setiap sungai memiliki masing-masing bentuk penampang melintang yang berbeda sesuai dengan faktor yang mengaturnya terutama formasi geologi serta kondisi iklim pada daerah tersebut. Didalam sungai dapat timbul perbedaan antar bagian penyusunnya yang diakibatkan beberapa sebab yaitu :

- a. Perubahan waktu, misal sebuah sungai akan lebih landai apabila proses erosi dan sedimentasi terjadi sepanjang waktu.
- b. Letak topografi dari sungai dan daerah aliran sungainya.
- c. Perbedaan akibat pengaruh luar seperti perubahan iklim dan kondisi geologi lembah.

Pada penampang memanjang sebuah sungai dibagi menjadi beberapa bagian yang berbeda sifatnya yaitu

- a. Hulu sungai

b. Bagian tengah sungai

c. Hilir sungai

2.5.3 Chart datum Sungai

Datum merupakan bentuk tunggal data. Dalam bidang geodesi, datum digunakan dalam bidang geodesi dimana terdapat dua jenis datum yaitu datum horizontal dan datum vertikal. Dalam bidang rekayasa hidrografi datum vertikal yang digunakan dalam survey topografi. Apabila dalam survey topografi datum vertikal yang biasa digunakan adalah muka laut rata-rata. *Chart datum* merupakan datum vertikal yang digunakan dalam peta laut yang dipublikasikan dimana semua tinggi dari pengamatan dan prediksi pasang surut, serta semua ketinggian air yang direferensi. *Chart datum* juga dapat disebut titik nol pada survey hidrografi (Samuel, 2012).

Chart datum digunakan sebagai datum vertikal dalam bidang hidrografi karena berkaitan dengan keamanan dalam melakukan navigasi kapal. Sehingga bidang keamanan referensi kedalaman yang digunakan pada peta laut adalah kedalaman yang paling dangkal yang dapat dicapai oleh perairan tersebut. Dengan demikian navigator dari kapal dapat mengetahui apakah perairan yang dilalui aman atau tidak, dengan membandingkan kedalaman kapal dengan draft kapal.

Pada penentuan *chart datum* sungai perlu diketahui mengenai jenis dari sungai tersebut apakah dipengaruhi oleh pasang surut atau tidak. Sesuai dengan pernyataan IHO yaitu muka air rendah astronomi atau LAT (*Lowest Astronomical Tide*), yaitu muka air terendah dari pasang surut di lokasi yang bersangkutan selama 18,6 tahun. Berdasarkan

hasil analisa pengamatan pasut tersebut beberapa negara menggunakan LWS(*Low Water Spring*), Bila *chart datum* hanya dapat ditentukan pada perairan yang masih dipengaruhi oleh pasang surut yang berada didekat laut. Hal tersebut membuat diperlukan transformasi *chart datum* dari daerah hilir ke daerah sungai yang lebih ke daerah hulu. Nilai *chart datum* yang dianggap baik adalah nilai *chart datum* yang diperoleh melalui pengamatan pasang surut yang berada di dekat laut. Syarat dari transformasi *chart datum* sungai adalah kedua tipe pasang surut, baik yang ditentukan maupun yang dijadikan referensi harus memiliki tipe dan waktu pengamatan yang sama.

Lintasan dari hulu ke hilir yang berarti mengalir dari daerah tinggi ke daerah yang rendah , maka secara umum terdapat kemiringan pada sungai yang ada di hulu dengan dasar sungai yang ada di hilir. Hal tersebut membuat penentuan *chart datum* yang seragam bagi seluruh aliran sungai mustahil untuk dilakukan. Oleh karena itu penentuan *chart datum* di sungai harus dilakukan per ruas sungai. Karena apabila *chart datum* yang digunakan pada muara sungai maka akan mengakibatkan dasar sungai yang kering atau dangkal pada daerah hulu sungainya akan mengakibatkan dasar sungai kering atau pada daerah hulu sungainya, demikian juga terjadi sebaliknya apabila *chart datum* tersebut ditentukan dari daerah hulu, maka dapat mengakibatkan kedalaman yang tidak sesuai dengan kedalaman yang sebenarnya di daerah muara. Oleh karena itu, setiap ruas sungai memiliki *chart datum* yang berbeda.

2.6 Regresi Linier

Regresi linier merupakan bentuk persamaan garis lurus dari suatu hubungan variabel bebas x dan variabel tak bebas y dengan bentuk persamaan : $y = a_0 + a_1x$ (2.13) Dimana a_0 dan a_1 adalah koefisien-koefisien yang masing-masing mewakili perpotongan (intercept) dan kemiringan (slope) untuk persamaan umum regresi linier (Chapra dan Canale, 1996). Dalam hal ini variabel x dan y berupa variabel waktu pengamatan dan nilai msl sehingga hasil yang didapatkan berupa persamaan regresi linier untuk tren linier kenaikan msl masing-masing lokasi pengamatan.

2.7 Penelitian Sebelumnya

Adapun penelitian terdahulu terkait dengan analisa karakteristik pasang surut sungai yaitu sebagai berikut :

Penelitian karakteristik pasang surut Sungai Musi sebelumnya menjelaskan tentang beberapa hal yang menjadi indikator. Dari hasil penelitian penulis diperoleh adalah rata-rata *MSL* tertinggi adalah di awal dan akhir tahun sedangkan terendah pada pertengahan tahun. Untuk perubahan nilai dari *MSL* tiap bulan pada masing-masing stasiun adalah sekitar 0-30 cm. Pada pengamatan diperoleh perbedaan pasang dan surut terlama adalah sekitar 4,5 jam, sedangkan untuk kondisi surut adalah 5,3 jam. Hasil analisis komponen harmonik pasang surut di masing masing stasiun Pada beberapa bulan tertentu, khususnya bulan yang termasuk kelompok musim penghujan dan musim peralihan, terjadi tipe pasang surut campuran condong harian tunggal. Kondisi tersebut diduga terjadi akibat adanya gangguan faktor meterologi musiman dan meningkatnya debit air dari hulu Sungai Musi. Pasang surut perairan Sungai Musi bertipe tunggal, artinya dalam sehari terjadi satu kali pasang satu kali surut (Nurrisman, 2011)

Pada penelitian yang lain menyebutkan bahwa hasil analisis data pengamatan terjadinya ketidaksimetrisan pasut saat menuju pasang tertinggi dan menuju surut terendah (*tidal asimetris*), dimana waktu yang dibutuhkan dari kondisi surut terendah menuju pasang tertinggi (9-10 jam) jauh lebih cepat dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan dari kondisi pasang tertinggi menuju surut terendah (14-15 jam). Dengan perkataan lain terdapat perbedaan waktu selama 5 jam dari pasang tertinggi menuju surut terendah dan dari surut terendah menuju pasang tertinggi. Tipe pasut pada lokasi penelitian adalah pasang tunggal (dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut) dengan nilai bilangan *Formzahl* sebesar 3,06. Tipe pasang surut yang diperoleh ini sesuai dengan beberapa penelitian lain sebelumnya tentang tipe pasut pada perairan Indonesia, dimana pada lokasi penelitian memiliki tipe pasang surut tunggal (Subakti, 2012).

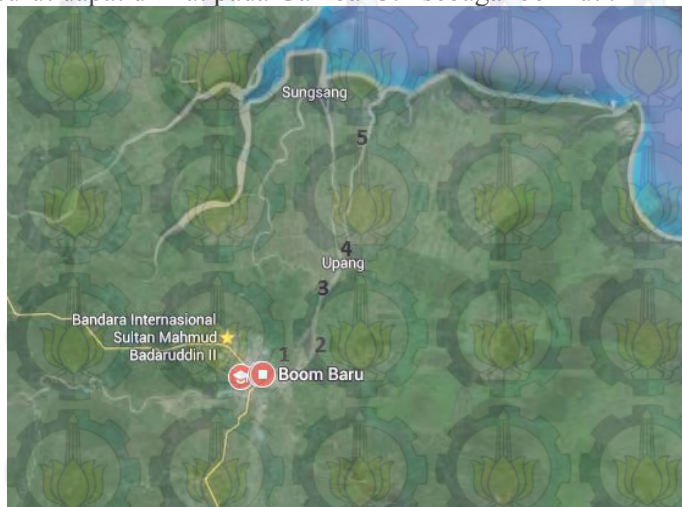


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian mengambil pada lima stasiun pengamatan pasang surut yang ada pada jalur pelayaran Sungai Musi yaitu data pasang surut di 5 (lima) stasiun pengamatan pasang surut, yaitu: Boombaru (1) , Sungai Lais (2), Selat Jaran (3), Kampung Upang (4) dan Tanjung Buyut (5). Data pasang surut tersebut diperoleh dari hasil pengamatan PT IPC Cabang Palembang. Sungai Musi merupakan sungai terbesar di Sumatera yang digunakan sebagai jalur pelayaran. Posisi stasiun pengamatan pasang surut dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Peta Lokasi penelitian
(*google earth, 2015*)

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Hardware

- i. Laptop
- ii. Printer

b. Software

- i. *Software pengolah angka.*
- ii. *Microsoft Office*
- iii. *Software pengolah grafik*

3.2.2 Data

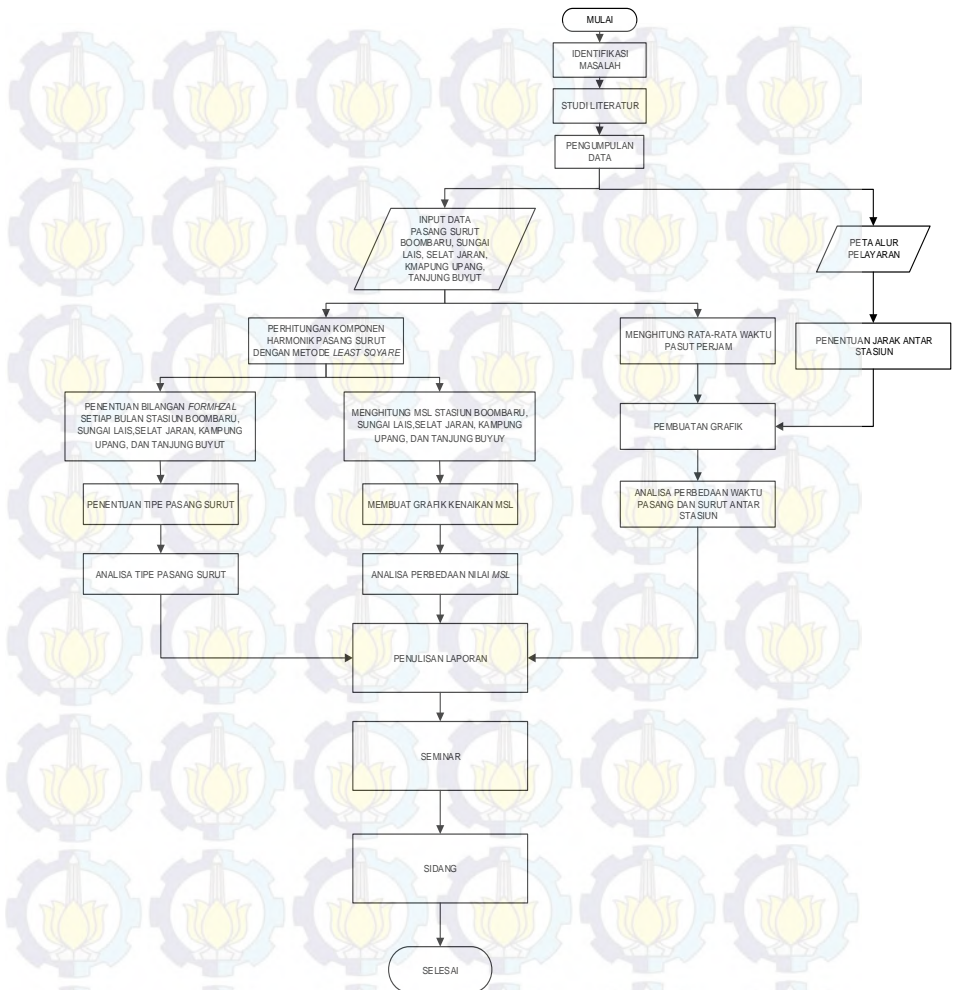
Bahan yang di gunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Data pasang surut Stasiun Pengamatan Boombaru tahun 2005-2012.
- b. Data pasang surut Stasiun Pengamatan Sungai Lais tahun 2005-2009.
- c. Data pasang surut Stasiun Pengamatan Selat Jaran tahun 2005-2012.
- d. Data pasang surut Stasiun Pengamatan Kampung Upang tahun 2005-2012.
- e. Data pasang surut Stasiun Pengamatan Boombaru tahun 2005-2011
- f. Peta Alur Pelayaran Sungai Musi.

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1. Tahap Pelaksanaan

Tahapan yang di lakukan pada penelitian ini adalah:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir tahapan pelaksanaan pada Gambar 3.2

a. Identifikasi Masalah

Pada tahapan ini melakukan tahap identifikasi terhadap permasalahan yang ada serta melaksanakan studi literatur dengan mempelajari teori-teori terkait. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah adanya beberapa kejadian kecelakaan kapal dalam melakukan pelayaran yang melalui Sungai Musi. Hal itu terjadi karena kurang memperhitungkan pasang surut yang terjadi pada aliran Sungai Musi. Untuk itu pada penelitian ini membahas bagaimana karakteristik pasang surut alur pelayaran Sungai Musi serta bagaimana menentukan pola perambatan pasang surut serta karakteristik alur pelayaran Sungai Musi menggunakan metode *Least Square*.

b. Studi Literatur

Pada tahap ini, yang dilakukan adalah mempelajari tentang referensi dan pengetahuan tentang teori yang dibutuhkan seperti definisi pasang surut, gaya pembangkit pasang surut, prinsip pengamatan pasang surut, analisa harmonik pasang surut, tipe pasang surut, perambatan pasang surut, serta datum vertikal.

c. Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan adalah data pasang surut di 5 (lima) stasiun pengamatan pasang surut, yaitu: Boombaru, Sungai Lais, Selat Jaran, Upang dan Tanjung Buyut tahun 2005 sampai 2014 dan peta alur pelayaran Sungai Musi.

d. Input Data

Pada tahap ini memasukkan data pasang surut di 5 (lima) stasiun pengamatan pasang surut, yaitu: Boombaru, Sungai Lais, Selat Jaran, Upang dan Tanjung

Buyut tahun 2005 sampai 2014 dan peta alur pelayaran untuk mengetahui lokasi penelitian.

- e. Perhitungan komponen pasang surut menggunakan metode *Least Square*

Pengolahan data yang dilakukan adalah pengolahan data pasang surut dari lima stasiun menggunakan metode *Least Square*, menampilkan menentukan komponen harmonik yang akan digunakan dalam penentuan datum elevasi menentukan tipe pasang surut.

- f. Perhitungan Nilai *MSL*

Pada tahap ini akan dihitung *MSL* untuk mengetahui ketinggian pasang surut yang diikatkan dengan BM. Pada penentuan datum elevasi didapat dari perhitungan komponen yang didapat pada proses sebelumnya.

- g. Penentuan nilai bilangan *formhzal*

Dari hasil perhitungan komponen harmonik akan dihitung bilangan *formhzal* yang akan digunakan untuk penentuan tipe pasang surut.

- h. Perhitungan *trend linier* dengan persamaan regresi linier sederhana

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dengan memasukkan hasil perhitungan untuk menentukan trend dari pasang surut air sungai dimana berapa pengaruh pasang surut dari hilir hingga hulu.

- i. Analisa Kenaikan hasil (*MSL*)

Pada tahap ini akan dilakukan analisa hasil dari perhitungan *trend linier* dengan menggunakan perhitungan regresi linier untuk mengetahui pengaruh dari pasang surut dari hilir hingga daerah hulu

- j. Menghitung rata-rata waktu pasut

Perhitungan waktu rata-rata pasang surut diambil menurut rata-rata waktu pasang surut dalam satu hari

menggunakan data pasang surut dari kelima stasiun pengamatan. Dengan adanya perhitungan tersebut, akan diketahui variasi dari lama waktu pasut dari setiap stasiun.

k. Pembuatan grafik

Pembuatan grafik pasang surut dari data pasang surut dari kelima stasiun pasang surut untuk mengetahui variasi dari pasang surut dalam bentuk grafik.

l. Analisa perbedaan waktu pasang surut

Berdasarkan pengamatan diperoleh perbedaan pasang dan surut antara stasiun pengamatan Boombaru pada saat kondisi pasang dan surut yang memiliki jarak terjauh dengan stasiun pengamatan yang lain. Pada tahap ini dilakukan analisa ketidaksimetrisan pasang surut pada setiap stasiun pengamatan

m. Pembuatan laporan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan tentang semua hal yang dilakukan pada saat penelitian sebagai wujud pertanggung jawaban.

n. Seminar

Pada tahap ini dilakukan pembuatan pemaparan progres yang telah dilakukan dalam proses penelitian.

o. Sidang

Pada tahap ini peneliti akan memaparkan hasil dari penelitian kepada masyarakat umum sebagai pertanggungjawaban dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4. 1 Hasil

4.1.1 Data Pasang Surut

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari stasiun pengamatan yang terdapat pada alur pelayaran Sungai Musi yaitu Boombaru, Sungai Lais, Selat Jaran, Kampung Upang, dan Tanjung Buyut. Data pasang surut ini diperoleh dari PT. IPC (*Indonesia Port Corporation*) Cabang Palembang. Pengamatan yang dilakukan pengamatan dengan menggunakan perekam *grafis Kempton OTT R20* yang tersebar diseluruh stasiun pengamatan. Data pasang surut yang digunakan yaitu data selama 10 tahun yaitu tahun 2005 hingga 2014.

Dalam pengolahannya terlebih dahulu dilakukan konversi data karena data yang diperoleh dalam bentuk scan. Data dikelompokkan dalam satu periode menurut tahun pengamatan dan lokasi stasiun yang digunakan. Data yang disusun dalam kurun 30 hari.

Tabel 4.1 Tabel data pasang surut bulan Desember tahun 2008
di stasiun pengamatan Boombaru

JAM																									
TGL	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
01-Jan-05	276	266	260	252	246	238	232	228	234	254	290	312	326	338	346	350	348	344	338	332	324	316	306	298	
02-Jan-05	288	280	272	264	256	250	246	242	240	246	272	298	320	334	342	346	346	342	336	330	322	314	306	296	
03-Jan-05	286	274	266	254	246	236	230	236	258	278	294	306	310	310	308	302	298	290	282	272	264	256	250	244	
04-Jan-05	240	234	230	226	222	220	218	220	228	244	262	276	290	296	298	296	290	282	274	266	256	248	240	234	
05-Jan-05	230	226	226	224	224	226	228	264	230	232	236	244	254	272	280	286	288	286	278	272	262	250	244	238	
06-Jan-05	234	230	230	230	234	242	248	256	258	258	258	258	256	256	256	256	258	258	258	254	246	238	232	224	
07-Jan-05	218	212	212	220	234	254	270	280	286	286	282	278	274	270	262	256	250	244	238	232	226	218	218	212	
08-Jan-05	206	200	196	194	202	220	246	274	294	300	302	298	292	286	278	270	262	254	244	240	234	228	220	214	
09-Jan-05	206	202	196	194	198	220	246	280	300	310	318	320	318	312	306	298	292	284	274	266	258	250	242	234	
10-Jan-05	228	220	212	206	204	210	230	264	290	308	318	324	328	328	322	314	308	302	296	288	280	270	264	254	
11-Jan-05	248	242	234	226	222	218	220	240	270	292	312	324	330	334	334	330	324	316	310	302	294	284	274	266	
12-Jan-05	258	250	242	238	230	226	222	224	246	284	304	318	330	334	338	340	338	332	326	320	314	306	298	288	
13-Jan-05	280	272	266	258	254	246	240	236	238	266	296	310	322	332	338	344	346	342	338	330	322	318	310	302	
14-Jan-05	294	286	278	272	266	258	252	246	244	252	276	298	314	326	334	340	342	342	334	330	324	312	306	300	
15-Jan-05	298	290	282	276	270	264	258	252	250	252	266	292	306	320	330	334	338	338	334	328	322	318	312	306	
16-Jan-05	305	294	288	282	276	270	266	262	258	258	268	284	302	314	322	330	332	332	330	326	320	314	308	302	
17-Jan-05	298	290	286	282	278	274	270	266	262	262	266	274	288	300	310	316	318	318	314	310	302	294	290	282	
18-Jan-05	278	274	274	274	274	272	270	270	270	270	272	274	282	290	296	300	304	304	302	296	290	284	278	270	
19-Jan-05	268	264	262	262	266	270	274	278	286	280	282	282	282	284	286	286	286	286	284	282	276	270	264	258	
20-Jan-05	254	250	248	250	258	266	276	286	294	298	298	298	298	294	292	290	286	282	278	274	270	266	260	256	
21-Jan-05	254	250	250	250	258	270	286	302	308	314	318	318	318	314	312	308	302	298	292	288	282	278	274	268	
22-Jan-05	262	258	258	260	266	282	296	310	320	324	326	330	328	326	320	316	310	304	298	292	286	282	278	278	
23-Jan-05	272	270	266	264	262	270	280	300	314	306	332	338	340	340	338	334	328	322	318	312	306	302	296	290	
24-Jan-05	286	280	278	274	272	274	282	296	306	324	334	338	342	344	342	340	336	330	326	318	312	306	302	296	
25-Jan-05	290	286	282	278	274	272	274	286	302	320	330	338	344	346	346	346	342	338	334	330	322	318	310	306	300
26-Jan-05	294	290	284	280	278	274	272	278	290	310	322	332	340	346	346	346	342	338	332	326	318	314	308	302	
27-Jan-05	294	290	286	280	276	270	268	268	278	276	314	326	336	342	342	342	340	334	330	326	320	312	306	300	
28-Jan-05	294	290	282	278	274	270	266	264	266	280	302	320	330	334	340	340	340	338	332	326	320	314	308	302	
29-Jan-05	294	290	286	280	274	270	266	262	262	268	284	300	314	324	330	314	312	308	322	316	310	302	298	292	
30-Jan-05	286	280	274	270	262	258	254	252	250	254	270	288	308	318	322	324	322	318	314	308	302	294	288	282	
31-Jan-05	278	272	266	262	258	254	250	246	242	244	254	268	288	308	312	314	310	308	304	296	288	272	266	266	

Dalam penggolongan data yang dilakukan, terdapat beberapa data yang tidak lengkap. Pada setiap tahun terdapat kekosongan data pada bulan bulan tertentu dan lokasi tertentu dikarenakan rusaknya alat atau posisi dari rambu pasut yang miring. Beberapa comtoh data Stasiun Boombaru pada Bulan Desember tahun 2008.

Dari data tersebut akan diolah dalam setiap bulan dengan mencari nilai datum elevasi tiap bulan menggunakan metode *Least Square*, Tipe Pasang Surut, dan mencari rata-rata muka air pada setiap jam untuk mengetahui lama waktu pasang dan waktu surut. Nilai dari datum elevasi yang dicari adalah *MSL* yang akan digunakan

untuk menganalisa fluktuasi kenaikan muka air dari daerah hilir ke daerah hulu. Untuk data rata-rata muka air setiap jam digunakan untuk menganalisa pola perambatan pasang surut dari daerah hilir menuju daerah hulu.

4.1.2 Interpolasi Data Pasang Surut

Data pengamatan pasang surut yang didapatkan, ternyata hasilnya tidak terlalu baik karena terdapat beberapa data pengamatan yang kosong. Data pengamatan yang kosong apabila hanya beberapa hari masih bisa untuk diinterpolasi. Data pengamatan yang kosong terdapat di masing-masing stasiun pengamatan, baik dari Stasiun Boombaru, Sungai Lais, Kampung Upang, Tanjung Buyut, dan Selat Jaran. Oleh karena itu, dilakukan interpolasi untuk mengisi data pengamatan yang kosong. Proses interpolasi dilakukan dengan menggunakan data ketinggian muka air dan data waktu yang ada diantara data yang kosong.

$$\frac{D2-D1}{D2-D0} = \frac{T2-T1}{T2-T0} \quad (4.1)$$

Dimana, T2 = Nilai ketinggian muka air sesudah data yang kosong. T1 = Nilai ketinggian muka air sebelum data yang kosong. T0 = Nilai ketinggian muka air yang dicari/yang datanya kosong. D2 = Waktu pada saat T2. D1 = Waktu pada saat T1. D0 = Waktu pada saat T0.

Pada proses interpolasi ini, sehingga hasil interpolasi yang didapatkan juga baik karena semua waktu berada di dalam satu sistem.

4.1.3 Pengolahan data pasang surut dengan metode *least square*

4.1.3.1 Analisa Komponen Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut dimaksudkan untuk memperoleh konstanta komponen harmonik

pasut di daerah pengamatan. Perhitungan konstanta pasut dilakukan menggunakan perangkat lunak *Macros Excel*. Perangkat lunak ini menggunakan analisis harmonik dengan menggunakan metode *Least Square*. Metode ini menjelaskan bahwa kesalahan peramalan harus sekecil-kecilnya, yakni selisih kuadrat antara peramalan dengan pengamatan harus sekecil mungkin. Analisa pasang surut ini bertujuan untuk menentukan komponen harmonik pasang surut (pasut) yang nantinya juga untuk mendapatkan nilai amplitudo dan fase dari tiap – tiap komponen tersebut. Seperti yang diketahui, komponen-komponen tersebut seperti dibawah ini:

Tabel 4.2 Nilai Komponen Harmonik Pasang Surut

NO	Simbol	Periode	ω (deg/hours)	ω (radians/hours)	Keterangan
1	M2	12,4	28,98411	0,5058681	Semi Diurnal
2	S2	12	30	0,5235988	
3	N2	12,7	28,44006	0,4963727	
4	K2	12	30,08197	0,5250295	
5	K1	23,9	15,04099	0,2625147	Diurnal
6	O1	25,8	13,943	0,2433513	
7	P1	24,1	14,95899	0,2610836	
No	Simbol	Periode	ω (deg/hours)	ω (radians/hours)	Keterangan
8	M4	6,21	57,96821	1,0117362	Periode Panjang
9	MS4	6,1	58,98448	1,0294735	

Dari nilai pada tabel diatas, dapat dihitung nilai fase dan amplitudo dari masing-masing komponen tersebut. Berikut nilai komponen harmonik yang telah melalui proses perhitungan diatas. Setelah melalui perhitungan menggunakan *Least Square*, maka hasilnya sebagai berikut:

Tabel 4.3 Nilai Konstanta, fase, dan amplitudo komponen data pasang surut stasiun pengamatan Boombaru pada Bulan Januari Tahun 2008.

No	Simbol	Parameter			Amplitudo dalam cm	Phase	
		S0	A	B		deg/hours	rad/hours
0	S0	220,7			220,706		
1	M2		10,4	-0,43	10,4086	357,62	6,2416
2	S2		8,5	7,757	11,5103	42,37	0,7395
3	N2		-8,4	-11,4	14,1728	233,84	4,0814
4	K2		-8,7	-4,15	9,62174	205,57	3,5879
5	K1		38	-53,8	65,8582	305,26	5,3279
6	O1		-30	-16,7	34,0025	209,37	3,6543
7	P1		-65	66,3	92,6517	134,31	2,3441
8	M4		-2,2	1,794	2,8096	140,33	2,4491
9	MS4		1,07	-3,38	3,54549	287,54	5,0186

4.1.3.2 Hasil Perhitungan Nilai *MSL*

Setelah mendapatkan nilai amplitudo dari tiap komponen, selanjutnya adalah menentukan nilai elevasi *MSL*. Dalam pengolahan data untuk mendapat nilai *MSL* tidak semua bulan dapat dihitung karena tidak tersedianya data pada waktu tertentu dikarenakan terdapat kendala pada alat perekam pasut. Berikut merupakan nilai rata-rata pada Stasiun Pengamatan Boombaru tahun 2005-2012. Maka diketahui nilai dari *MSL* sebagai berikut:

Tabel 4.4 Nilai *MSL* dalam cm dari Stasiun Pengamatan Boombaru
Tahun 2005 -2012

Tahun/Bulan	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	674.8	632.8	680.5	713.4	687.8	615	671.3
Februari	661.8	658.9	648.7		700.5	629.3	632.6
Maret	646	629.9	658.3		721		671.3
April	629.1	644.1		596.6	697.6	614.5	674.6
Mei	618.8	651.2		690.3	628	648.5	617.4
Juni	598.7	602.1	590	578.1	605.6	614.5	605.3
Juli	567.1	574.1	566.8		612.5	668.4	588.3
Agustus	548.5	571.3	566.5	562.6	615.6	668.4	574.6
September	546.7	588.5	589.8	566.5	617.3	566.4	572.9
Oktober	555.1	665.9	595.7	597.4	617.3	668.4	
November	578.1	613.9		604.6	633	631.6	
Desember	606.6	665.9		653.4	648.6	668.4	

Nilai *MSL* yang ada pada tabel 4.4 telah dikoreksi dengan dengan titik referensi di hilir dengan beda tinggi +428 cm. Nilai *MSL* untuk stasiun pengamatan Boombaru pada tahun 2005 sampai 2012 bervariasi. Nilai tertinggi yaitu hasil perhitungan *MSL* dari Bulan Maret 2010 dengan nilai 721 cm. Sedangkan nilai terendah adalah pada Bulan September 2006 dengan nilai 546,7 cm.

Tabel 4.5 Nilai *MSL* dalam cm dari Stasiun Pengamatan Sungai Lais tahun 2005 -2009

Tahun/Bulan	2006	2007	2008	2009
Januari	780.5	732.3	720.2	737.6
Februari	731.5	739.5	755.3	721.1
Maret	737.7	727	707.6	715.4
April	723.8	689.8	716.7	728.8
Mei	709.8	704.6	710.8	680.2
Juni	684.6	675.3	700.9	664.4
Juli	657.6	651.3	653.3	649.8
Agustus	665.3	634.3	643	654.8
September	644.6	640.9	656.9	674.1
Oktober	657.4	642.3		669.7
November	708.3	668.4	696.4	719.2
Desember	740.8	709.2	732.2	754.6

Nilai *MSL* yang ada pada tabel 4.5 telah diikatkan dengan titik referensi di hilir dengan beda ringgi +450 cm . Nilai *MSL* untuk stasiun pengamatan Sungai Lais pada tahun 2005 sampai 2009 bervariasi. Nilai tertinggi yaitu hasil perhitungan *MSL* pada bulan Januari 2005 dengan nilai 780,5 cm. Sedangkan nilai terendah adalah pada bulan Agustus 2006 dengan nilai 634,2 cm.

Tabel 4.6 Nilai *MSL* dalam cm dari Stasiun Pengamatan Selat Jaran tahun 2005 -2009

Tahun/Bulan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	773	747.8	735.5	751.8	800.3	762.5	729	756.9	759.7	
Februari	739.2	757.3	747.7	743	747.5	754.2	737.1	731.1	766.3	725.6

Tahun/ Bulan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Maret	738.1	742.9	723	739.5		770.4		756.9	746.6	718.7
April	728.6	731.2	734.1	744.8	727.6	753.9	712.8	718.6	728.1	
Mei	719.1	731.9	662.4	702.1	737.6	721.4	725.2	704.8	720.7	696.6
Juni	698.2	685.2	704	689.6	686.9	700.1	695	689.6	691.6	684.4
Juli	675.5	673.3	673.4	671.1	660.8	701.6	753.4	667.7	699	682.4
Agustus	685.8	660.7	665.1	674.8	671	701.1	753.4	656.7	678.7	
September	673.8	672.7	685.2	668.3	667.1	706.2	666.9	658.9		666
Oktober	698.6	679	743.6	699.2	696.8	730.6	753.4			661.4
November	728.7	693.2	731.4	730.1	709.5	755.4	730.1	756.9	664.3	703.1
Desember	746.3	731.9	743.6	759.3	744.5	746.1	753.4	750.9		715.9

Nilai *MSL* yang ada pada tabel 4.6 telah diikatkan dengan titik referensi di hilir dengan beda ringgi +472 cm . Nilai *MSL* untuk stasiun pengamatan Selat Jaran pada tahun 2005 sampai 2014 bervariasi. Nilai tertinggi yaitu hasil perhitungan *MSL* pada bulan Januari 2009 dengan nilai 800,3 cm. Sedangkan nilai terendah adalah pada bulan Agustus 2012 dengan nilai 656,7 cm.

Tabel 4.7 Nilai *MSL* dalam cm dari Stasiun Pengamatan Kampung Upang tahun 2005 -2014

Tahun/ Bulan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	821.3	807.8	789.6	791	738.7	815.3	777.3	812.9		819.8
Februari	790	796.4	815.2	782.8	651.7	812.3	770.2		824	796.1
Maret	782.7	789.6	774.8	784.7	780.6	820.4	786.5	812.9		785.2
April	779.9	777.1	772.5	800.6	799.9	807.9	781.7		790.53	
Mei	777.2	776.2	775	759	774.5	772.6	774.7		788.66	767.3
Juni	741.6	752	747	748.9	720.8	756.7	754.6		760.89	753.1

Tahun/ Bulan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Juli	731.8	739.1	725.3	736.1	727.9	750.5			756.94	737.4
Agustus	748.8	728.9	717.9	733.4	717.6	749.8				
September	741.8	734.5	722.1	750.4	746.3	754.1				646.1
Oktober	759.3	744.8		755.8	764.4	778.5				
November	778.4	761.5	778.3	796.6	779.4	807.1			789.81	761.6
Desember	794.3	789.9	783.1	825.6	794	799.8			789.81	803.3

Nilai *MSL* yang ada pada tabel 4.7 diikatkan dengan titik referensi di hilir dengan beda ringgi +531 cm. Nilai *MSL* untuk stasiun pengamatan Kampung Upang pada tahun 2005 sampai 2014 bervariasi. Nilai tertinggi yaitu hasil perhitungan *MSL* pada bulan Desember 2008 dengan nilai 825,6 cm. Sedangkan nilai terendah adalah pada bulan September 2014 dengan nilai 646,1 cm.

Tabel 4.8 Nilai *MSL* dalam cm dari Stasiun Pengamatan Selat Jaran tahun 2005 -2014

Tahun/ Bulan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	730.6	738.8	737.6	739.6		739.8	743.8	740.4	740.3	664.7
Februari	720.7	735.5	725	743	713.9	724.1	735.7	728.5		654.9
Maret	721	730.9	720.6	727.5		732.2	729.1	740.4	694.7	700.4
April	707.9	707.4	720.2	718.6	715.6	722.9	716	714.1	701	706.8
Mei	694.9	698.9	709.1	715.1	709.7	708.7	705.8	705.3		697
Juni	697.7	695	698	699	692.9	689.9	700.5	710.9		687.8
Juli	687.8	693.2	698.2	659.2	710.9	701.7	748.4	697.8		725.1
Agustus	699.6	691.4	695.5	695.6	698.5	757.8	748.4	712.7		728.9
September	687.8	680.1	704.4	716.7	711.2	722	706.3			758.1
Oktober	714.9	703	729.2	732.9	726.9	733.2	748.4			718.2

Tahun/ Bulan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
November	737.3	720.2	736.1	757.3	737.2	742.4	735	727.7		718.8
Desember	730.2	740.4	729.2	752.6	730.6	743.5	748.4	738.5	675.7	716.2

Nilai *MSL* yang ada pada tabel 4.8 diikatkan dengan titik referensi di hilir dengan beda ringgi +531 cm. Nilai *MSL* untuk stasiun pengamatan Tanjung Buyut pada tahun 2005 sampai 2014 bervariasi. Nilai tertinggi yaitu hasil perhitungan *MSL* pada bulan September 2014 dengan nilai 758,09 cm. Sedangkan nilai terendah adalah pada bulan Februari 2014 dengan nilai 654,92 cm.

Pada penelitian ini, pengamatan pasang surut yang diperoleh dari PT. IPC cabang Palembang dibagi menurut stasiun pengamatan. Pada hasil perhitungan dari data pasang surut yang diperoleh terdapat beberapa tabel yang tidak memiliki nilai dikarenakan rambu palem miring atau terjadi eror saat proses perekam data pasang surut seperti yang tertulis pada tabel data pasang surut yang diberikan.

4.1.4 Rata-Rata Per Waktu

Pengolahan data pasang surut dengan menentukan nilai rata-rata tiap jam di setiap daerah pengamatan. Perhitungan dikelompokkan dalam setiap bulan. Dalam perhitungan tiap jam, akan diketahui nilai perbedaan waktu pasang dan surut dari setiap stasiun. Nilai akan digunakan untuk menganalisa pola perambatan pasang surut pada alur pelayaran Sungai Musi.

Lama waktu pasang dan surut. Besarnya perbedaan tersebut disebabkan antar stasiun dimana jarak tersebut akan digunakan untuk melakukan analisis lama pasang surut terhadap jarak antar stasiun waktu yang dibutuhkan

dari pasang menuju surut lebih lama dibandingkan waktu yang dibutuhkan dari surut menuju pasang.

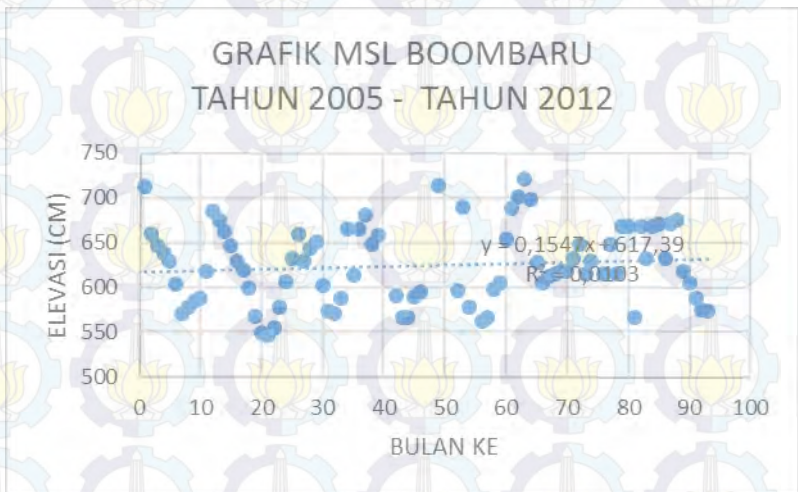
Hasil pengolahan merupakan nilai rata-rata per jam dari pengamatan pasang surut. Terdapat nilai pasang tertinggi yang terjadi pada stasiun pengamatan yang tersebar disepanjang aliran Sungai Musi dan nilai surut terendah hasil rata-rata dari pengamatan pasang surut selama satu bulan.

4.1.5 Grafik *Mean Sea Level* dan *Trend*

Penggunaan Regresi Linier adalah untuk melihat tren kenaikan dari muka air dalam hal ini adalah Nilai dari *MSL*. Sebagai contoh adalah menggunakan persamaan sesuai pada gambar 4.1. Pada persamaan adalah sebagai berikut:

$$y = 0,105x + 617,9$$

Pada persamaan tersebut dilakukan substitusi nilai x dengan jumlah bulan minimal (1 bulan) dan jumlah bulan maksimal (52 bulan) diperoleh hasil berupa $y_{\max} = 203,622$ cm dan $y_{\min} = 189,545$ cm. Kemudian hasil tersebut dihitung selisihnya dan dibagi jumlah tahun untuk melihat tren linier per tahun. Hasil berupa nilai tren linier *MSL* Stasiun Boombaru sebesar 1,75971 cm/ tahun atau

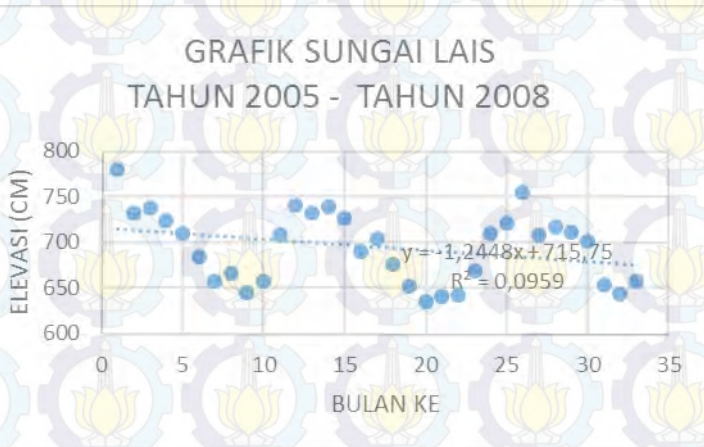


17.5971 mm/tahun. Dengan nilai $R^2 = 0,0103$ dari hasil pemodelan regresi linier *MSL* stasiun pengamatan Boombaru.

Gambar 4. 1 Grafik Tren Linier *MSL* Stasiun Pengamatan Boombaru

Pada Stasiun Sungai dilakukan dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada stasiun pengamatan Boombaru. Berdasarkan nilai *MSL* Stasiun Pengamatan Sungai Lais tahun 2005-2008 diperoleh hasil berupa tren

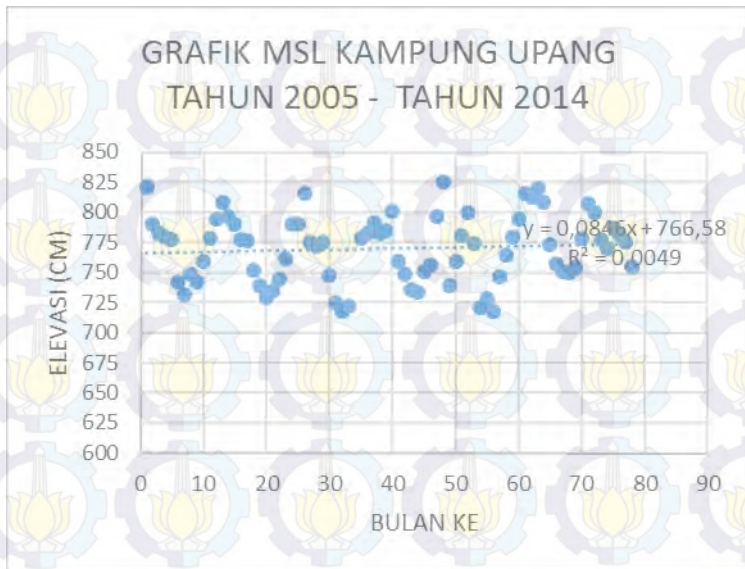
linier *MSL* Sungai Lais dengan persamaan $y = -1,2448x + 715,75$ (Gambar 4.2) dan nilai $R^2 = 0,0959$.



Gambar 4. 2 Grafik Tren Linier *MSL* Stasiun Pengamatan Sungai Lais

Nilai tren linier yang didapatkan dari persamaan regresi sebesar $-14,6264$ cm/ tahun hasil pemodelan regresi linier.

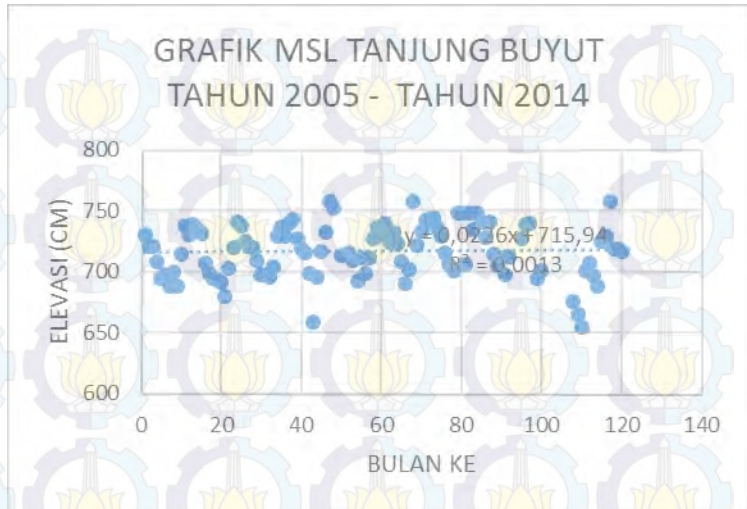
Berdasarkan nilai *MSL* Stasiun Pengamatan Kampung Upang tahun 2005-2014 diperoleh hasil berupa tren linier *MSL* Kampung Upang dengan persamaan $y = -0,0846x + 766,58$ (Gambar 4.3) dan nilai $R^2 = 0,0049$.



Gambar 4. 3 Grafik Tren Linier *MSL* Stasiun Pengamatan Kampung Upang

Nilai tren linier yang didapatkan dari persamaan regresi sebesar 0,9306 cm/ tahun hasil pemodelan regresi linier.

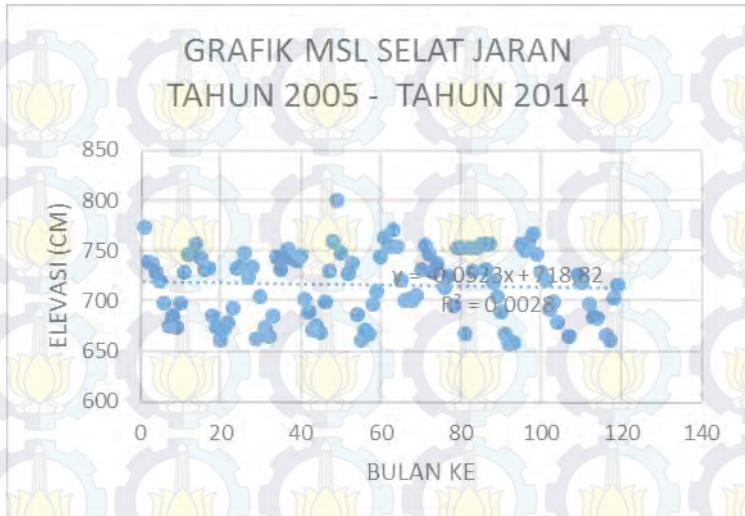
Berdasarkan nilai *MSL* Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut tahun 2005-2014 diperoleh hasil berupa tren linier *MSL* (Gambar 4.4) Tanjung Buyut dengan persamaan $y = 0,0226x + 715,94$.



Gambar 4.4 Grafik Tren Linier *MSL* Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut

Nilai tren linier yang didapatkan dari persamaan regresi sebesar 0,268 cm/ tahun hasil pemodelan regresi linier.

Berdasarkan nilai *MSL* Stasiun Pengamatan Selat Jaran tahun 2005-2014 diperoleh hasil berupa tren linier *MSL* Selat Jaran dengan persamaan $y = -0,0523x + 246,82$ (gambar 4.5) dan nilai $R^2 = 0,0028$



Gambar 4.5 Grafik Tren Linier *MSL* Stasiun Pengamatan Selat Jaran

Nilai tren linier yang didapatkan dari persamaan regresi sebesar $-0,5186$ cm/ tahun hasil pemodelan regresi linier.

4.2 Analisa

4.2.1 Analisa Kenaikan Muka Air Sungai

Dari hasil pengolahan data pengamatan pasang surut mulai tahun 2005 sampai 2014 dilakukan dengan pengolahan per bulan. Dari hasil yang diperoleh dari data stasiun pengamatan Boombaru, nilai *MSL* dari setiap bulan seperti pada hasil pengolahan tahun 2005 dengan nilai *MSL* berada antara 200 cm hingga 300 cm. Namun terdapat nilai *MSL* yang mencapai 301cm pada Januari Tahun 2005, sedangkan untuk nilai terendah pada bulan September yaitu dengan nilai 201,8.

Pada grafik diatas (Gambar 4.1 sampai Gambar 4.5) dapat dilihat bahwa nilai tertinggi pada bulan januari

dimana nilai *MSL* pada grafik tersebut merupakan Musim hujan sedangkan untuk nilai terendah pada bulan juli hingga september dengan kisaran angka nilai *MSL* adalah 200. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh adanya perubahan Musim dimana air yang dipengaruhi pasang surut yang berasal dari laut saat Musim hujan akan dipengaruhi oleh debit air dari daerah hulu. Itu menyebabkan intensitas air yang ada pada Sungai Musi menjadi meningkat. Begitu pula sebaliknya pada Musim kemarau nilai dari *MSL* lebih rendah dikarenakan minimnya adanya luapan air dari daerah hulu sehingga air yang berada pada laut minimum terkena pengaruh dari air hujan.

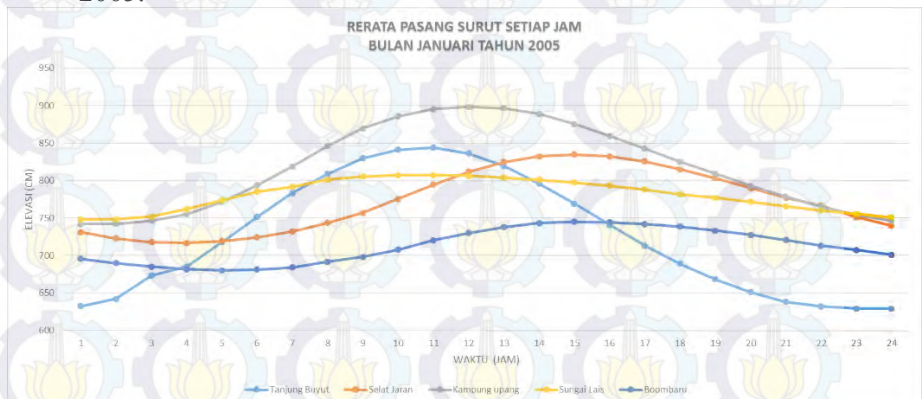
Untuk analisa kenaikan muka air laut per tahun menggunakan pendekatan regresi linier sederhana. Pendekatan regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui tren kenaikan muka air untuk lokasi di perairan Sungai Musi. Regresi dihitung digunakan untuk melihat perubahan dari nilai *MSL* pada stasiun pengamatan. Hasil dari Regresi dianggap mewakili hasil dari pendekatan dengan nilai R^2 sebagai nilai kesesuaian.

Hasil regresi untuk kenaikan *MSL* untuk Stasiun Pengamatan Boombaru yaitu sebesar 1,759 cm/tahun. Pada stasiun Sungai Lais terjadi trend penurunan sebesar 14,6264 cm/tahun. Pada Sungai Lais cenderung mengalami penurunan dalam hasil dari regresi tersebut. Untuk Kampung Upang mengalami kenaikan muka air sebesar 0,9306 cm/tahun. Pada Stasiun Pengamatan Pasang Surut Selat Jaran mengalami penurunan muka air 0,5186 cm/tahun. Sedangkan untuk Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut mengalami kenaikan muka air sebesar 2,689 cm/tahun. Pada hasil perhitungan kenaikan muka air laut terdapat dua penurunan yaitu pada Sungai Lais dan Selat Jaran. Lokasi dari kedua stasiun tersebut berada pada pertengahan alur Sungai Musi sehingga memungkinkan

pada daerah tersebut adalah daerah terbesar yang terpengaruhi oleh faktor meteorologi. Kawasan tersebut merupakan tempat bercampurnya air laut dengan air sungai yang disebut dengan kawasan estuari.

4.2.2 Analisa Waktu Pasang Surut

Berdasarkan data pengamatan diperoleh rata-rata perbedaan pasang dan surut yang diperoleh. Dapat dilihat untuk Waktu dari pasang serta surut antar stasiun di alur pelayaran Sungai Musi. Berikut merupakan grafik dari rata-rata pasang surut dari kelima stasiun pada Bulan Januari 2005.



Gambar 4.6 Grafik Rerata Pasang Surut Setiap Jam pada Bulan Januari 2005

Dari grafik diatas dapat diperoleh perbedaan waktu pasang serta surut dari lima stasiun pengamatan di alur pelayaran Sungai Musi. Pada grafik tersebut dapat diperoleh perbedaan waktu antara pasang di satu stasiun dengan stasiun lain seperti perbedaan pada Stasiun Boombaru yang berada di hulu dan Stasiun Tanjung Buyut yang berada di daerah hilir. Perbedaan waktu pasang antara stasiun Tanjung Buyut dengan Boombaru, dimana stasiun

Tanjung Buyut merupakan stasiun yang berada pada hilir yaitu sekitar 4 jam 30 menit untuk kondisi pasang dan 5 jam 20 menit untuk kondisi surut. Besarnya perbedaan tersebut disebabkan antara stasiun Tanjung Buyut dengan Boombaru memiliki jarak terjauh dibandingkan dengan stasiun-stasiun pengamatan lainnya yaitu sekitar 73 km. untuk rata-rata pasang surut dengan bulan lain untuk perbedaan waktu pasang relatif sama yaitu seperti pada bulan Januari 2008 untuk kondisi surut adalah sekitar 4 jam 30 menit dan untuk waktu surut adalah 5 jam 30 menit.

Dengan adanya data dan grafik diatas dapat ditentukan waktu yang tepat untuk digunakan dalam melakukan pelayaran di daerah sungai. Dari grafik diatas pada saat kondisi pasang merupakan waktu yang digunakan untuk melakukan pelayaran. Seperti saat terjadi pasang pada pukul 11 di Stasiun Tanjung Buyut. Maka dengan keadaan demikian, kapan yang akan keluar ke arah laut maupun kapan yang menuju ke aliran sungai dapat melewati daerah Tanjung Buyut pada saat tersebut. Begitu pula dengan stasiun yang lain dimana dalam estimasi waktu pelayaran juga memperhitungkan waktu pasang pada daerah tersebut sehingga kapal yang melewati daerah tersebut tidak karam ataupun menabrak jembatan.

Dari hasil dari perhitungan jarak, pasang surut di setiap stasiun pengamatan, dimana waktu yang dibutuhkan dari pasang menuju surut lebih lama dibandingkan waktu yang dibutuhkan dari surut menuju pasang. Kondisi tidal asimetris ini merupakan suatu kondisi pasut yang umum ditemui di daerah sungai dan muara sungai (Surbakti, 2010). Selain itu pada grafik tersebut dapat dilihat fluktuasi air dimana pada Stasiun Boombaru perubahan muka air cenderung datar sedangkan pada stasiun Tanjung Buyut terlihat perubahan muka air yang signifikan. Dari grafik tersebut dapat memperlihatkan pengaruh pasang surut pada

sungai akan mengalami penurunan ketika menuju ke daerah hulu.

4.2.3 Analisa Variasi Tipe Pasang Surut

Hasil dari perhitungan dari komponen pasang surut yang dihasilkan melalui perhitungan data Pasang surut selama sepuluh tahun dengan melakukan pengolahan per bulan menggunakan metode *least Square*. Dengan diperoleh 9 komponen pasut yaitu P1, O1, dan K1 dimana termasuk dalam kelompok diurnal, sedangkan K2, N2, S2, dan M2 merupakan termasuk dalam kelompok pasang surut semi diurnal. Komponen M4 dan MS4 merupakan komponen pada perairan dangkal. Dengan adanya nilai dari perhitungan tersebut dapat diketahui tipe pasang surut dari masing-masing stasiun serta variasi dalam setiap bulannya.

Hasil dari Komponen harmonik dari masing-masing stasiun digunakan untuk mengetahui tipe perairan tersebut. Kemudian diketahui adanya tipe pasang surut pada setiap stasiun pengamatan. Sebagai contoh berikut hasil perhitungan bilangan *formhzal* dan Tipe pasang surut pada tahun 2005. Hasil dari nilai amplitudo masing-masing stasiun dihitung nilai *formhzal* dengan menggunakan persamaan

$$F = \frac{K1+O1}{M2+S2}$$

Dimana F merupakan bilangan *Formhzal* yang dicari, K1 dan O1 merupakan konstanta pasang surut harian tunggal utama dan M2, S2 merupakan konstanta pasang surut harian tunggal. Dari hasil tersebut maka dapat dikelompokkan tipe pasang surut dari perairan tersebut. Pengelompokkan dilakukan menurut nilai bilangan *Formhzal* yaitu apabila $F \leq 0,25$ maka termasuk dalam pasang surut harian ganda, apabila nilai bilangan *Formhzal*

$0,25 < F \geq 1,5$ maka termasuk pasang campuran dominan ganda, $1,5 < F \leq 3$ termasuk pasang campuran dominan tunggal, dan $F < 3$ termasuk pasang tunggal.

Tabel 4.9 Nilai Bilangan *Formhzal* Tahun 2005

STASIUN/ BULAN	BOOMBAR U	SUNGAI LAIS	KAMPUN G UPANG	SELAT JARAN	TANJUN G BUYUT
JANUARI	2.47730739	4.687511	2.20733768	3.828536	1.362222
FEBRUARI	3.02560785	1.7291553	1.65670987	2.3596777	3.40811
MARET	2.3158033	3.5737327	3.45335566	2.7591167	4.058259
APRIL	2.91170904	3.3918951	3.37012736	2.5352246	3.420895
MEI	4.53332636	4.7947665	5.1864346	1.4262762	3.35907
JUNI	1.74467247	5.105136	3.78361589	2.0147616	2.464367
JULI	1.99418371	2.7931818	3.42928977	3.6152549	3.748195
AGUSTUS SEPTEMBE R	1.70844291	1.2872538	4.42628909	1.8152367	2.616496
	3.58084736	2.7102138	3.9005358	2.9797323	3.778985
OKTOBER	2.05763459	4.1130408	4.23851262	1.3580646	3.777812
NOVEMBER	5.93214918	3.0593338	2.85462967	2.0639183	3.781621
DESEMBER	4.26230852	5.667138	5.91307056	1.5452712	4.798489

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai formzal maka dapat diketahui tipe pasang surutnya. Pada tabel 4.10 merupakan tabel tipe pasang surut pada tahun 2005 yang mengacu pada bilangan formhzal pada tabel 4.9. pada tabel 4.9, CT merupakan pasang surut ganda condong tunggal sedangkan T merupakan tipe pasang surut tunggal.

Tabel 4.10 Tipe Pasang Surut Tahun 2005

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	CT	T	CT	T	CT
FEBRUARI	T	CT	CT	CT	T

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
MARET	CT	T	T	CT	T
APRIL	CT	T	T	CT	T
MEI	T	T	T	CT	T
JUNI	CT	T	T	CT	CT
JULI	CT	CT	T	T	T
AGUSTUS	CT	CT	T	CT	CT
SEPTEMBER	T	CT	T	CT	T
OKTOBER	CT	T	T	CT	T
NOVEMBER	T	T	CT	CT	T
DESEMBER	T	T	T	CT	T

Tabel 4.11 Nilai Bilangan *Formhzal* Tahun 2006

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	3.47615946	4.262163	4.3085922	4.8528577	4.4064679
FEBRUARI	2.08198784	2.8662197	3.1937854	2.5836768	3.4523544
MARET	2.48856396	3.0571372	2.8254386	2.6026973	2.3352922
APRIL	2.48856396	3.0571372	2.8254386	2.6026973	2.3352922
MEI	4.15209789	2.9832933	3.596072	2.3570386	3.432036
JUNI	3.81579841	2.7645249	3.8031527	2.4879014	3.3018069
JULI	3.47949893	2.5457564	3.6408756	2.6187642	-
AGUSTUS	2.85980705	3.2844473	3.4282669	2.8366868	2.9513296
SEPTEMBER	2.96141541	2.5224543	3.2529141	2.2419133	3.0646661
OKTOBER	3.88936775	3.7733281	4.3424806	2.2756798	3.5358535
NOVEMBER	3.45765528	2.4578512	4.3504705	3.8751207	3.3995829
DESEMBER	3.31276337	3.097034	3.8855429	2.3570386	4.3572054

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai formzal maka dapat diketahui tipe pasang surutnya. Pada tabel 4.12 merupakan

tabel tipe pasang surut pada tahun 2006 yang mengacu pada bilangan formhzal pada tabel 4.11. pada tabel 4.11, CT meupakan pasang surut ganda condong tunggal sedangkan T merupakan tipe pasang surut tunggal.

Tabel 4.12 Tipe Pasang Surut Tahun 2006

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	T	T	T	T	T
FEBRUARI	CT	CT	T	CT	T
MARET	CT	T	CT	CT	CT
APRIL	CT	T	CT	CT	CT
MEI	T	CT	T	CT	T
JUNI	T	CT	T	CT	T
JULI	T	CT	T	CT	CT
AGUSTUS	CT	T	T	CT	CT
SEPTEMBER	CT	CT	T	CT	T
OKTOBER	T	T	T	CT	T
NOVEMBER	T	CT	T	T	T
DESEMBER	T	T	T	CT	T

Tabel 4.13 Nilai Bilangan *Formhzal* Tahun 2007

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	2.33213224	8.399325	3.450535	8.3988706	3.8506896
FEBRUARI	2.42603233	1.4255607	1.818715	2.3080488	4.0719953
MARET	2.98891148	7.8044861	4.0234258	3.8263757	3.6742058
APRIL	1.26169077	2.4394925	2.0234404	1.2742904	2.3833166
MEI	3.84265471	3.9716123	3.0895057	3.353758	-
JUNI	1.8996317	8.4819347	3.5531215	6.0333488	3.6538836
JULI	4.45033672	5.9635696	3.6119203	1.2584762	3.759143

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
AGUSTUS	1.2895785	6.8074174	3.3822561	1.8944322	3.5157051
SEPTEMBER	2.73001975	2.0878424	2.2997949	3.8061135	2.2644081
OKTOBER	3.38350059	-	-	4.3126428	3.5471747
NOVEMBER	2.3043647	1.9096992	2.0085774	2.5014732	3.6389538
DESEMBER	3.38350059	3.9078144	2.144924	4.3126428	3.5471747

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai formzal maka dapat diketahui tipe pasang surutnya. Pada tabel 4.14 merupakan tabel tipe pasang surut pada tahun 2007 yang mengacu pada bilangan formhzal pada tabel 4.13. pada tabel 4.13, CT meupakan pasang surut ganda condong tunggal sedangkan T merupakan tipe pasang surut tunggal.

Tabel 4.14 Tipe Pasang Surut Tahun 2007

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	CT	T	T	T	T
FEBRUARI	CT	CT	CT	CT	T
MARET	CT	T	T	T	T
APRIL	CT	CT	CT	CT	CT
MEI	T	T	T	T	T
JUNI	CT	T	T	T	T
JULI	T	T	T	CT	T
AGUSTUS	CT	T	T	CT	T
SEPTEMBER	CT	CT	CT	T	
OKTOBER	T	CT	CT	T	T
NOVEMBER	CT	CT	CT	CT	T
DESEMBER	T	T	CT	T	T

Tabel 4.15 Nilai Bilangan *Formhzal* Tahun 2008

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	3.07405947		2.9094986	3.4122094	2.7242576
FEBRUARI		4.0842235	3.0457929	4.0000945	4.0120071
MARET			3.855657		
APRIL	0.67635543		2.1734518	3.1459668	3.4372947
MEI	2.73901315		3.2111685	2.677779	2.7082092
JUNI	1.06498848		3.2629449	2.1304107	2.6464372
JULI			2.9294145	2.572323	2.9319673
AGUSTUS	3.6520907		3.3694131	11.359146	2.6570351
SEPTEMBER	3.48116666		3.7429861	2.8039384	2.3896952
OKTOBER	3.14722283		2.6552751	1.4901324	4.5926213
NOVEMBER	2.89181142		2.8299654	1.1933101	2.2545013
DESEMBER	2.53529026		3.0652987	4.6069892	4.0907308

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai formzal maka dapat diketahui tipe pasang surutnya. Pada tabel 4.16 merupakan tabel tipe pasang surut pada tahun 2008 yang mengacu pada bilangan formhzal pada tabel 4.15. pada tabel 4.15, CT merupakan pasang surut ganda condong tunggal sedangkan T merupakan tipe pasang surut tunggal.

Tabel 4.16 Tipe Pasang Surut Tahun 2008

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JANUARI	T	T	-	T	-
FEBRUARI	-	T	T	T	T
MARET	-	-	T	-	-
APRIL	CT	-	CT	T	T
MEI	CT	-	T	CT	CT

STASIUN/ BULAN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
JUNI	CT	-	T	CT	CT
JULI	-	-	CT	CT	CT
AGUSTUS	T	-	T	CT	CT
SEPTEMBER	T	-	T	CT	CT
OKTOBER	T	-	CT	CT	T
NOVEMBER	CT	-	CT	CT	CT
DESEMBER	CT	-	T	T	T

Tabel 4.17 Nilai Bilangan *Formhzal* Tahun 2008

STASIUN/ BULAN	BOOMBAR U	SUNGAI LAIS	KAMPUN G UPANG	SELAT JARAN	TANJUN G BUYUT
JANUARI	3.07405947		2.9094986	3.4122094	2.7242576
FEBRUARI		4.0842235	3.0457929	4.0000945	4.0120071
MARET			3.855657		
APRIL	0.67635543		2.1734518	3.1459668	3.4372947
MEI	2.73901315		3.2111685	2.677779	2.7082092
JUNI	1.06498848		3.2629449	2.1304107	2.6464372
JULI			2.9294145	2.572323	2.9319673
AGUSTUS	3.6520907		3.3694131	11.359146	2.6570351
SEPTEMBE R	3.48116666		3.7429861	2.8039384	2.3896952
OKTOBER	3.14722283		2.6552751	1.4901324	4.5926213
NOVEMBER	2.89181142		2.8299654	1.1933101	2.2545013
DESEMBER	2.53529026		3.0652987	4.6069892	4.0907308

Setelah diperoleh hasil perhitungan nilai formzal maka dapat diketahui tipe pasang surutnya. Pada tabel 4.18 merupakan tabel tipe pasang surut pada tahun 2009 yang mengacu pada bilangan formhzal pada tabel 4.17. pada tabel 4.17, CT merupakan

pasang surut ganda condong tunggal sedangkan T merupakan tipe pasang surut tunggal.

Tabel 4.18 Tipe Pasang Surut Tahun 2009

STASIUN/ BULAN	BOOMBAR U	SUNGAI LAIS	KAMPUN G UPANG	SELAT JARAN	TANJUN G BUYUT
JANUARI	T	T	-	T	-
FEBRUARI	-	T	T	T	T
MARET	-	-	T	-	-
APRIL	CT	-	CT	T	T
MEI	CT	-	T	CT	CT
JUNI	CT	-	T	CT	CT
JULI	-	-	CT	CT	CT
AGUSTUS	T	-	T	CT	CT
SEPTEMBER	T	-	T	CT	CT
OKTOBER	T	-	CT	CT	T
NOVEMBER	CT	-	CT	CT	CT
DESEMBER	CT	-	T	T	T

Berdasarkan Tabel 4.9, 4.11, 4.13, 4.15, 4.17 merupakan nilai dari bilangan sampai dengan 4.12 diketahui adanya variasi tipe pasang surut bulanan di setiap stasiun pengamatan. Untuk simbol CT berarti Condong tunggal sedangkan T berarti tunggal. Pada beberapa bulan tertentu, khususnya bulan yang termasuk kelompok Musim penghujan dan Musim peralihan, terjadi tipe pasang surut campuran condong harian tunggal. Kondisi tersebut diduga terjadi akibat adanya gangguan faktor meteorologi Musiman dan meningkatnya debit air dari hulu Sungai Musi dengan nilai dari msl terbesar pada akhir dan awal tahun. Pada waktu tersebut merupakan puncak dari musim penghujan.

Untuk lebih lanjut, rata-rata variasi bulanan tipe pasang surut.

Rata-rata nilai dari bilangan formhzal masing-masing stasiun seperti pada tabel 4.19 berikut

Tabel 4.19 Tipe Nilai Bilangan Formhzal rata-rata tahun 2005-2009

STASIUN/ TAHUN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
2005	3.04533272	3.5760299	3.701659	2.3584226	3.3812102
2006	3.20530661	3.0559456	3.6210858	2.8076727	3.324717
2007	2.6910295	4.8362504	2.8551106	3.6067061	3.4460591
2008	2.87284343	4.0804392	3.5585365	3.2174207	3.128276
2009	2.58466649	4.0842235	3.0875722	3.5811181	3.1313415

Tabel 4.20 Tipe Pasang Surut Tahun 2009

STASIUN/ TAHUN	BOOMBARU	SUNGAI LAIS	KAMPUNG UPANG	SELAT JARAN	TANJUNG BUYUT
2005	T	T	T	T	T
2006	T	T	T	CT	T
2007	CT	T	CT	T	T
2008	CT	T	T	T	T
2009	CT	T	T	T	T

Dari rata-rata bilangan formhzal, Stasiun Tanjung Buyut didominasi tipe pasang surut tunggal. Namun pasang surut semidiurnal masih mempengaruhi perairan perairan kampunh upang dan selat jaran. Pengaruh dari pasang surut semi diurnal tersebut dapat dilihat pada bulan juni dan agustus dimana membesarnya nilai komponen pasang surut semidiurnal khususnya nilai S2 dan K2 di beberapa bulan tersebut khususnya di bulan Juni

4.3 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini akan dibandingkan hasil antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu, antara lain penelitian Nanda Nurisma dkk (2011) yang menggunakan data pengamatan pasang surut tahun 2001 hingga 2011 dan penelitian Heron Subhakti (2012) yang menggunakan tahun 2007. Pada kedua penelitian tersebut menggunakan metode admiralty. Perbandingan yang dilakukan mengacu pada waktu pasang yang dapat dilihat pada tabel rata-rata pasang surut yang dan analisa kenaikan nilai *MSL* dari ketiga metode tersebut dengan nilai pertambahan antara 0-30 cm akan tetapi terdapat perubahan yang signifikan pada bulan yang termasuk Musim penghujan yaitu bulan desember dan januari. Perbandingan ini menggunakan 5 lokasi pembanding. Dari hasil perbandingan pada lokasi terlihat hasil penelitian yang penulis lakukan memiliki perbedaan yang relative kecil terhadap hasil penelitian Nurisman dkk (2011), yaitu sebesar 30cm, untuk tipe pasang surut yang dihasilkan terdapat perbedaan pada Selat Jaran. Namun tentunya perbandingan ini membutuhkan penelitian yang lebih mendalam lagi dikarenakan terdapat banyak hal yang bisa mempengaruhi pada perbedaan hasil tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian diatas dan juga hasil dari pengolahan data, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

1. Nilai rata-rata *MSL* yang telah diikat ke titik referensi terhadap LWS dari lima stasiun yaitu Stasiun Pengamatan Boombaru dengan elevasi 624,6014 cm, Stasiun pengamatan Sungai Lais dengan nilai 697,6229 cm, Stasiun Pengamatan Selat Jaran dengan elevasi 715,8127 cm, Stasiun pengamatan Kampung Upang dengan elevasi 770,579 cm, dan Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut dengan elevasi 717,2327 cm.
2. Nilai rata-rata bilangan Formhzal untuk Stasiun Pengamatan Bombaru adalah 2,8798358 (Tipe pasut ganda condong tunggal) , untuk Stasiun Sungai Lais adalah 3,926578 (tipe pasut tunggal), untuk Stasiun Selat Jaran adalah 3,364793 (Tipe pasut tunggal), untuk Stasiun Kampung Upang adalah 3,114268 (tipe pasang surut tunggal, dan untuk Stasiun Pengamatan Tanjung Buyut adalah 3,282321 (tipe pasut tunggal). Tipe pasang Surut hasil pengolahan data pasang surut sebagian besar adalah Pasang Surut Tunggal dan sebagian ada yang bertipe pasang surut campuran condong harian tunggal dimana biasanya merupakan bulan penghujan dan Musim peralihan.
3. Pola perambatan pasang surut dari daerah hulu ke daerah hilir maupun sebaliknya memiliki rata-rata perbedaan pasang surut sekitar 4 jam 30 menit untuk kondisi pasang dang 5 jam untuk kondisi surut. Perubahan muka air perbulan berkisar antara 0-30 cm, namun terjadi perubahan yang signifikan pada bulan desember dan

januari dimana pada bulan tersebut merupakan puncak dari Musim penghujan.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlunya diadakan penelitian lebih lanjut mengenai Karakteristik Pasang Surut Perairan Sungai di wilayah yang lain Indonesia
2. Diperlukan suatu data Bathimetri untuk mengetahui standar keamanan jalur kapal pada sungai
3. Perlu ditambahkan dengan data meteorologi sebagai korelasi dengan kenaikan *MSL*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2001. Geodesi Satelit. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Arief, A.R. 2009. Pemodelan Topografi Muka Air Laut (Sea Surface Topography) Dengan Menggunakan Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon; Studi Kasus Samudera Indonesia. Surabaya : Tugas Akhir Prodi Teknik Geomatika-ITS.
- Ali, Muhammad dkk, 1994. Pasang Surut Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Djaja, Rochman, 1989. Makalah : Cara Perhitungan Pasut Laut Dengan Metode Admiralty, PASANG-SURUT, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Djunarsjah, Eka., Poerbandono. 2005. Survei Hidrografi. Bandung. Refika Aditama.
- ICSM. 2007. Floating Tide Gauge. <<http://www.icsm.gov.au>>. dikunjungi pada Tanggal 10 Mei 2009 pukul 09.35 WIB. http://tidesandcurrents.noaa.gov/publication/tidal_datums_and_their_application.pdf
- International Hydrographic Organization (IHO). 2006. Special Publication Number 51 (SP-51), Monaco.
- Nurisman, N. 2011. Karakteristik Pasang Surut di Alur Pelayaran Ongkosongo, O.S.R dan Suyarso. 1989. Pasang-Surut. LIPI, Jakarta
- Poerbandono. 1999. Hidrografi Dasar. Bandung. Jurusan Teknik Geodesi - ITB.
- Pariwono JI. 1989. Pasang Surut di Indonesia. Di dalam: O.S.R. Ongkosono, Suyarso, editor. Pasang.
- Rachmayanti, A. I. (2009). *Penentuan HWS (High Water Spring) dengan Menggunakan Komponen Pasut Untuk Penentua Elevasi Dermaga (Studi Kasus : Rencana Pelabuhan Teluk Lamong)* . Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika - ITS.

Samuel. 2012. *Penentuan Chart Datum Pada Sungai Yang Dipengaruhi Pasang Surut*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Subakti, H. 2012. Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 1.

Surbakti, H. 2010. Pemodelan Sebaran Sedimen Tersuspensi dan Pola Arus di Perairan Pesisir Banyuasin Sumatera Selatan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tesis

Wyrtki, K. 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. Naga Report, 2:1-195

LAMPIRAN

PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero)
 Cabang Pelabuhan Palembang
 Jl. Palayu No. 1 Palembang 3015
 Telp: (0711) 7061100 (0211) 7061100
 Fax : (0711) 70758
 Web: www.indosatport.co.id / indosatport
 E-mail : pelabngs@indosatport.co.id

Memorandum
 Nomor : DI.514/28/171/CPLG-15
 Klasifikasi : Biasa

Lampiran : 1
 Perihal : Permohonan Data

Yth. Ketua Jurusan
 Teknik Geomatika
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Kampus OF ITS Sukelilo, Surabaya
 di
 S U R A B A Y A

1. Menperhatikan surat Saudara Nomor : 477/IT2.314/TU.00.09/2014, tanggal 08 Desember 2014 perihal Permohonan Data

2. Sehubungan dengan hal tersebut di atas, pada prinsipnya permohonan Saudara dapat diterima oleh Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk melakukan pengambilan Data di PT Pelabuhan Indonesia II (Persero) Cabang Palembang yaitu :

NO	NAMA SISWA	NRP	LOKASI PENGAMBILAN DATA
1	Taufan Henganto Nugroho	3511100038	Teknik dan SI

a. Pengambilan Data dilaksanakan TM1 02 Februari 2015 s.d. 06 Februari 2015 setiap hari kerja jam 08.00 - 17.00 WIB.

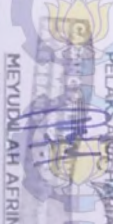
b. Selama dalam proses Pengambilan Data mematuhi ketentuan yang berlaku di lingkungan PT Pelabuhan Indonesia II (Persero) Cabang Palembang.

c. Data yang diambil tersebut hanya untuk kepentingan akademik tidak untuk disebarluaskan/dipublikasikan.

d. Sebelum melaksanakan kegiatan dimaksud agar menghubungi Manager SDM, Umum & Pengadaan Cq. Asisten Manager SDM untuk mendapatkan pengarahan lebih lanjut.

3. Demikian disampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Tembusan Yth :
 General Manager (sebagai laporan)
 Manager Teknik dan SI


 MEYUDIAH AFERIN
 NIPP. 276056928

CABANG PELABUHAN PALEMBANG
 AN, GENERAL MANAGER
 MANAGER SDM, UMUM & PENGADAAN
 PELAKSANAAN

PROFIL PENULIS



Taufan Hananto Nugroho, pria kelahiran 30 November 1992 asal Jombang ini merupakan putra kedua dari dua bersaudara dari pasangan Masroer Rizal dan Tri Iswar M. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Persit, SDN Diwek I, SMPN 2 Jombang dan setelah menyelesaikan pendidikan tingkat SMA di SMAN 3 Jombang pada tahun 2011, penulis memilih melanjutkan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3511 100 038. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, seminar dan forum komunikasi ilmiah baik yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Geomatika ataupun diluar itu. Penulis sempat menjabat menjadi Kabiro Jurnalistik Departemen Media Informasi di HIMAGE-ITS pada periode 2013/2014. Untuk menyelesaikan studi Tugas Akhir, penulis mengambil judul Analisa Karakteristik Pasang Surut Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Least Square. email: hananto.taufan@gmail.com

